С. В. Беляев

Моторные масла



двигателей

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

С.В. Беляев

Моторные масла и смазка двигателей

ИЗДАТЕЛЬСТВО ПЕТРОЗАВОДСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ПЕТРОЗАВОДСК 1993

УДК 621.43

Б 447

Моторные масла и смазка двигателей: Учебное пособие / С.В.Беляев; Петрозаводск.гос.ун-т. Петрозаводск, 1993. 70 с.

Рассмотрены эксплуатационные свойства, классификация отечественных и зарубежных моторных масел, их взаимозаменяемость.

Приведены рекомендации по рациональному применению моторных масел в двигателях внутреннего сгорания. Дан ассортимент современных моторных масел, показано их влияние на различные виды износа.

Рассмотрены условия работы моторных масел в зоне цилиндро-поршневой группы двигателей, процесс их старения.

Даны рекомендации по рациональной периодичности замены масла.

Табл. 13. Ил. 8. Библиогр. 10 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Петрозаводского государственного университета.

Рецензенты: А.Ф. Фрейндлинг, *доцент каф. тяговых машин*
Н.В. Раков, *преподаватель ПАТТ*

$Б\frac{2103000000}{Д26(03)-93}55-93$

ISBN 5-230-08979-2

ВВЕДЕНИЕ

Двигатели внутреннего сгорания в настоящее время являются основными потребителями моторных масел. Сегодня к новой технике предъявляются жесткие, все возрастающие требования по повышению надежности, долговечности, а также снижению расхода топлива и смазочных материалов. Моторные масла, являясь эксплуатационными материалами, по своему влиянию на основные показатели работы техники равнозначны конструкционным материалам. Поэтому знание их состава, свойств, эксплуатационных характеристик необходимо специалистам, обслуживающим разнообразную технику. Моторные масла являются сложными композиционными продуктами, в состав которых входят многие компоненты и присадки. Неправильно выбранный смазочный материал усложняет эксплуатацию техники, сокращает ее ресурс и снижает надежность.

Данное учебное пособие содержит необходимые сведения по важнейшим свойствам моторных масел и их ассортименту.

Приведены рекомендации по рациональному применению моторных масел в двигателях внутреннего сгорания.

Пособие предназначено для студентов-механиков, изучающих специальные курсы, а также может быть полезным специалистам в области эксплуатации автотракторной техники.

Полезную для себя информацию могут получить и многочисленные автолюбители, желающие продлить срок службы двигателей своих автомобилей и обеспечить их надежную работу.

I. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ И ТРЕБОВАНИЯ К ИХ КАЧЕСТВУ

1.1. Основные условия работы моторных масел в двигателях

Одним из важнейших параметров, определяющих условия работы масла, является литровая мощность двигателя, с увеличением которой возрастают тепловая и динамическая напряженность деталей, прорыв отработавших газов в картер, ускоряющих процессы старения масла. У наиболее форсированных дизелей литровая мощность превышает 20-22 кВт/л.

Мощность двигателей повышают в основном следующими путями - увеличением среднего эффективного давления и частоты вращения коленчатого вала.

У дизелей без наддува среднее эффективное давление составляет 0,6-0,7 МПа, с турбонаддувом - 0,8-1,2 МПа. Частота вращения автотракторных дизельных двигателей достигает 2600 мин$^{-1}$, а легковых автомобилей - еще больше.

Серьезное влияние на работу масла оказывают температуры деталей двигателя. Интервал температур, при котором приходится работать маслу в двигателях, достаточно широк. В зимних условиях перед пуском температура масла в картере и в узлах трения снижается до минус 30° С и ниже, а при работе в номинальном режиме температура масла в картере достигает 110° С и выше, в подшипниках коленчатого вала 150° С, в зоне поршневых колец 250-300° С. При низких температурах кристаллизуются парафиновые углеводороды и возрастает вязкость масла, что усложняет пуск двигателя.

По мере прогрева и увеличения нагрузки двигателя температура возрастает, особенно в зоне цилиндро-поршневой группы (ЦПГ),

где интенсивно идут процессы окисления и полимеризации углеводородов масла и срабатывания присадок. Часть масла выгорает, попадая в зону камеры сгорания. Другая часть неполностью сгоревшего масла и топлива в виде сажи попадает на днище поршня, головку цилиндра, в систему смазки вместе с газами. В итоге образуются углеродистые отложения на деталях двигателя, закоксовываются поршневые кольца, засоряются системы очистки масла. Окисление масла и срабатывание присадок прежде всего зависят от рабочих температур ЦПГ двигателя.

Многочисленные исследования позволили определить основные критерии жесткости условий работы масла в двигателе:

1. Тепловая напряженность деталей ЦПГ.
2. Удельный объем масла в смазочной системе.
3. Давление наддува.
4. Способ охлаждения двигателя.
5. Содержание серы в топливе.
6. Периодичность замены масла.
7. Техническое состояние двигателя.

1.2. Эксплуатационные свойства масел

Моющие свойства

Под моющими свойствами моторных масел следует понимать их способность уменьшать образование нагаролакоотложения в двигателях. Высококачественные масла получают главным образом путем добавления к ним моюще-диспергирующих присадок как металлосодержащих, так и беззольных. Некоторые из моющих присадок могут проявлять и другие свойства: антиокислительные,

противокоррозионные и т.д. Особенностью беззольных присадок является высокая адсорбционная способность, благодаря чему продукты загрязнения удерживаются во взвешенном мелкодисперсном состоянии.

В связи с повышением степени форсирования ДВС, тенденцией к увеличению ресурса их работы потребность в моюще-диспергирующих присадках постоянно растет. Основные их функции:

- стабилизировать нерастворимые продукты окисления и сажистые частицы в тонкодисперсном состоянии, не допуская укрупнения этих частиц, их выпадения из масла и отложения на деталях двигателя;

- диспергировать уже образовавшиеся крупные частицы и переводить их в мелкодисперсное состояние;

- солюбилизировать (переводить в коллоидный раствор) продукты окисления;

- нейтрализовать кислые продукты, образующиеся при сгорании сернистого топлива и окисления масла.

Антиокислительные и противокоррозионные свойства

Одним из важных требований, предъявляемых к моторным маслам, является их стабильность против окисления кислородом воздуха при повышенных температурах. В некоторых случаях в присутствии металлических частиц окисление углеводородов значительно ускоряется. В частности, медь действует как сильный катализатор окислительной реакции деструкции масла. Реакции окисления масла имеют сложный характер: на первой стадии образующиеся продукты - неустойчивые гидроперекиси - быстро разлагаются на органические соединения: кетоны, альдегиды, спирты и кислоты (рис.1).

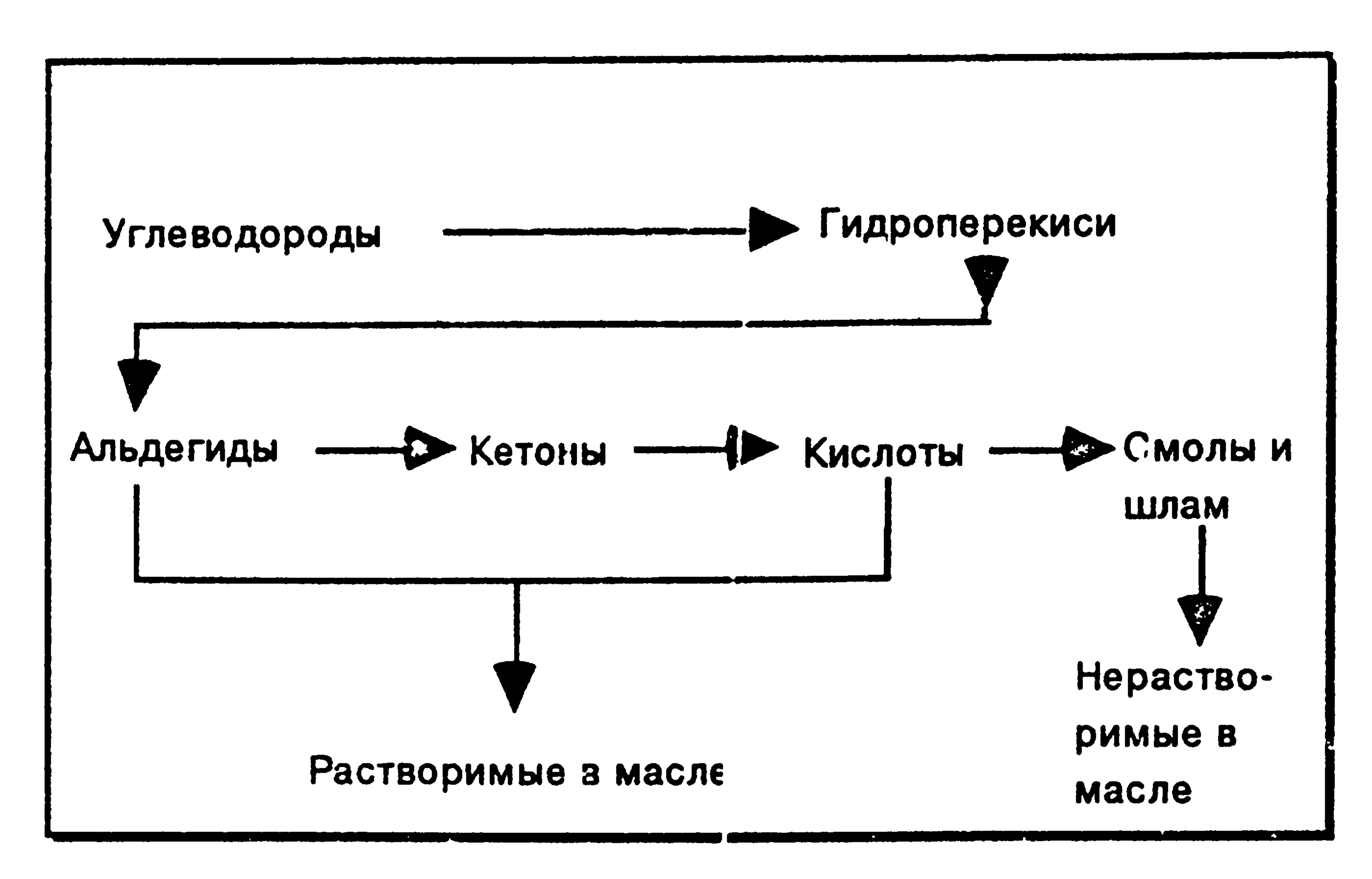


Рис.1. Схема окисления масла

На следующей стадии реакции, которая в основном проявляется в полимеризации и уплотнении, из масла могут выпадать в виде осадков нерастворимые соединения (смолы, шламы). Процесс деструкции сопровождается увеличением вязкости.

Для улучшения антиокислительных свойств используют ингибиторы окисления. Эти антиокислительные присадки обычно увеличивают индукционный период, предшествующий основной реакции окисления. Ряд присадок могут разрывать цепь окислительной реации на начальной стадии. Другие присадки уменьшают каталитическое влияние металлов, адсорбируясь на их поверхностях.

Антифрикционные и противоизносные свойства

Повышение надежности работы двигателей и увеличение их моторесурса тесно связано с антифрикционными и противоизносными свойствами моторных масел. Антифрикционные свойства определяют способность масел снижать потери на трение, а противоизносные свойства - уменьшать изнашивание поверхнос-

тей в узлах трения. С целью повышения качества моторных масел в них добавляют специальные присадки.

Вязкостно-температурные свойства являются важнейшими для моторных масел. Они определяют возможность обеспечения жидкостного (гидродинамического) трения, эффективность охлаждения, легкость пуска при низких температурах, прокачиваемость масла в системе смазки. Изменение вязкости от температуры зависит от углеводородного состава масел: наименьшее у парафиновых и наибольшее - у ароматических углеводородов. Вязкостно-температурные свойства характеризуются вязкостью и индексом вязкости.

1.3. Вязкость масла и индекс вязкости

Вязкость часто определяют как наиболее важное свойство смазочного масла. Именно от вязкости в значительной степени зависят надежность поступления масла в зазоры основных узлов трения двигателя, создание достаточно прочной масляной пленки при трении, легкость пуска двигателя при низких температурах, механические потери, расход топлива, интенсивность изнашивания и т.д.

Повышение вязкости масла увеличивает трение или потерю мощности вследствие внутреннего трения; при постоянном уменьшении вязкости жидкостное трение доходит до таких пределов, что поверхности в узлах трения из-за недостаточной вязкости и толщины масляной пленки начинают соприкасаться и трение быстро увеличивается вследствие контакта металла с металлом (сухое или граничное трение). Вязкость масла зависит от химического состава углеводородов, наличия специальных вязкостных присадок и может изменяться в весьма широком диапазоне температур (табл.1).

Вязкость масел при температуре выше 100°С существенно снижается, интенсивность снижения вязкости для всех моторных масел одинакова.

Вязкость масел: $V_t = V_{100} \times C_t$,

где

V_t

- кинематическая вязкость при температуре определения, мм²/с;

V_{100}

- вязкость при 100°С, мм²/с;

$$C_t = \frac{1}{e^{t/100} - 1.63}$$

-осредненный вязкостно-температурный коэффициент

Таблица 1

Зависимость вязкости моторных масел от температуры

Температура, °С	Кинематическая вязкость, мм²/с					
	М10-Г2 М10-В2	М8-Г2 М8-В2	М8-А М8-В1	М-6з/10-Г1	М-4з/6-В1	М-6з/10-В
100	10.5	8.5	8.5	10	6	10
80	18	14	13	16	11	16
50	60	40	41	41	28	41
20	345	192	215	183	115	176
0	1470	975	1120	782	314	793
-18	-	17700	18200	6100	2270	5780

Вязкость масла можно определить как отношение напряжения сдвига к градиенту скорости сдвига. При данной температуре это отношение обычно постоянно для большей части минеральных смазочных масел. Такие жидкости называются ньютоновскими. Единица динамической вязкости Пас или Пауз (П). Сегодня редко пользуются единицами динамической вязкости. Наиболее употребительными международными единицами вязкости являются стокс (1Ст=10^{-4}м^2/с) или сантистокс (1сСт=10^{-6} м^2 /с=мм^2/с), в Великобритании - секунды Редвуда (RS), в Европе - градусы Энглера (°Е) и в США - универсальные секунды Сэйболта (SUS). Соотношение различных единиц вязкости при одной температуре: 5сСт = 42SUS = 1,4 °Е = 39RS.

Для измерения вязкости применяют различные вискозиметры. Большая часть методов основана на измерении времени, затрачиваемого на истечение известного объема масла через стандартное отверстие или трубку под действием силы тяжести.

Для моторных масел очень важно знать изменение вязкости от температуры. Это изменение может быть определено вязкостно-температурной характеристикой, которая желательно, чтобы была пологой. Наибольшее распространение для оценки вязкостно-температурной характеристики масел получил метод определения индекса вязкости (ИВ), основанный на сравнении пологостей характеристики испытуемого образца и характеристик двух эталонных масел, одна из которых обладает пологостью (ИВ=100), а другая имеет крутизну (ИВ=0). Индекс вязкости моторных масел зависит от качества нефти, из которой они вырабатываются, метода и степени очистки. ИВ - это относительная величина, показывающая степень изменения вязкости в зависимости от температуры. Индекс вязкости повышают введением вязкостных (загущающих) присадок в маловязкие масла. Небольшое количество полимерной присадки незначительно меняет вязкость масла при низкой температуре, т.к. молекулы присадки занимают небольшой объем, но при рабочей температуре молекулы полимерной присадки увеличиваются в объеме, тем самым повышая вязкость.

Исключительно важное значение индекс вязкости имеет для современных моторных и гидравлических масел, предназначенных для зимней и всесезонной эксплуатации. У лучших образцов масел значение индекса вязкости около 150.

Для практических целей индекс вязкости можно найти по номограмме (рис.2). Для этого нужно найти величину кинематической вязкости при 50 и 100°С. Значение индекса вязкости находят в точке пересечения с наклонными прямыми.

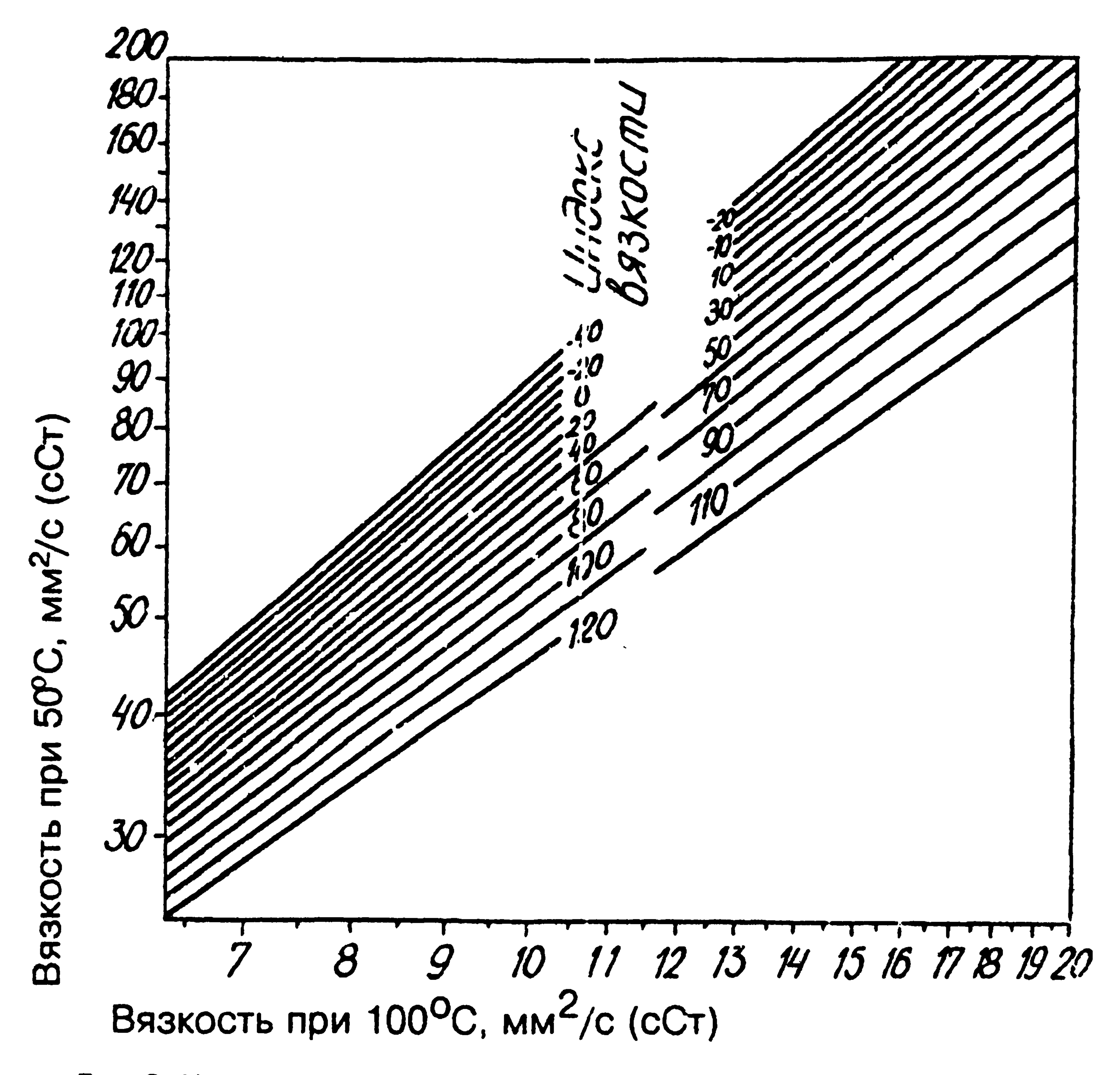


Рис.2. Номограмма для определения индекса вязкости.

II. КЛАССИФИКАЦИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

2.1. Классификация отечественных масел

Система обозначения моторных масел обновлена ГОСТом 17479.1-85 и включает несколько знаков: букву **М** (моторное), **цифру**, определяющую класс кинематической вязкости, и **букву,** обозначающую принадлежность к группе по эксплуатационным свойствам.

В зависимости от кинематической вязкости масла подразделяются на классы (табл.2).

Таблица 2

Классы вязкости моторных масел (ГОСТ 17479.1-85)

Класс	γ_{100}, мм^2/с	γ_{-18}, мм^2/с	Класс	γ_{100}, мм^2/с	γ_{-18}, мм^2/с
$3_з$	3.8	1250	$3_з$/8	7.0-9.5	2500
$4_з$	4.1	2600	$4_з$/6	5.6-7.0	2600
$5_з$	5.6	6000	$4_з$/8	7.0-9.5	2600
$6_з$	5.6	10400	$4_з$/10	9.5-11.5	6000
6	5.6-7.0	-	$5_з$/10	9.5-11.5	6000
8	7.0-9.5	-	$5_з$/12	11.5-13.0	6000
10	9.5-11.5	-	$5_з$/14	13.0-15.0	6000
12	11.5-13.0	-	$6_з$/10	9.5-11.5	10400
14	13.0-15.0	-	$6_з$/12	11.5-13.0	10400
16	15.0-18.0	-	$6_з$/14	13.0-15.0	10400
20	18.0-23.0	-	$6_з$/16	15.0-18.0	10400

Дробные классы указывают, что по вязкости при температуре -18°С (0° Фаренгейта) масло соответствует классу, указанному в числителе, а по вязкости при 100° С - классу, указанному в знаменателе.

В зависимости от уровня эксплуатационных свойств и области применения масла делят на группы качества (табл.3). Индекс 1 присвоен маслам для карбюраторных двигателей. Индекс 2 - для дизелей. Универсальные масла (для карбюраторных и дизельных двигателей) индекса в обозначении не имеют; буква "з" означает, что масла содержат загущающие (полимерные) присадки.

Таблица 3

Группы моторных масел по назначению и эксплуатационным свойствам (ГОСТ 17479.1-85)

Группа	Рекомендуемая область применения
А	Нефорсированные карбюраторные двигатели и дизели.
$Б_1$	Малофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, которые способствуют образованию высокотемпературных отложений и коррозии подшипников.
$Б_2$	Малофорсированные дизели.
$В_1$	Среднефорсированные карбюраторные двигатели, работающие в условиях, которые способствуют окислению масла и образованию всех видов отложений.
$В_2$	Среднефорсированные дизели, предъявляющие повышенные требования к антикоррозионным, противоизносным свойствам масел и способности предотвращать образование высокотемпературных отложений.

Продолжение табл. 3

Группа	Рекомендуемая область применения
$Г_1$	Высокофорсированные карбюраторные двигатели, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, способствующих окислению масла, образованию всех видов отложений, коррозии и ржавлению.
$Г_2$	Высокофорсированные дизели без наддува или с умеренным наддувом, работающие в эксплуатационных условиях, способствующих образованию высокотемпературных отложений.
Д	Высокофорсированные дизели с наддувом, работающие в тяжелых эксплуатационных условиях, или когда применяемое топливо требует использования масел с высокой нейтрализующей способностью, антикоррозионными и противоизносными свойствами, малой склонностью к образованию всех видов отложений.
Е	Лубрикаторные системы смазывания цилиндров дизелей, работающих на топливе с высоким содержанием серы.

Универсальные масла, принадлежащие к разным группам, имеют двойное обозначение, в котором первое определяет качества масла как дизельного, второе - карбюраторного.

Примеры обозначения моторных масел

М-10-$Г_1$ - моторное масло класса вязкости 10 для высокофорсированных карбюраторных двигателей ($Г_1$); М-$6_з$ /10-В - моторное масло класса вязкости $6_з$/10 универсальное для среднефорсированных дизелей и карбюраторных двигателей (В); М-$4_з$/8-$В_2Г_1$ - моторное масло класса вязкости $4_з$/8 для среднефорсированных дизелей ($В_2$) и высокофорсированных карбюраторных двигателей ($Г_1$).

После основного обозначения в скобках может быть указано дополнительное, характеризующее отличительные признаки масла, например, "РК" - рабоче-консервационное, "ЦЛ" - для

циркуляционных и лубрикаторных смазочных систем, "20", "30" - значение щелочного числа и т.д.

Принадлежность моторного масла к той или иной группе качества в основном определяется содержащимися в масле присадками: при переходе от масел низших групп ($А_1$ Б) к высшим (ДЕ) в первую очередь увеличивается концентрация моюще-диспергирующих присадок.

2.2. Классификация зарубежных масел

В 1982 г. в США, странах ЕЭС, Японии и т.д. введена в действие классификация SAE I 300е (табл.4) согласно которой масла делят на зимние, обозначаемые буквой W (Винтер), и летние. Для зимних масел регламентируются три параметра: минимальная кинематическая вязкость при 100° С, динамическая вязкость при низкой температуре и предельная температура прокачиваемости моторных масел; для летних - минимальная и максимальная кинематическая вязкость при 100°С.

Классификация разделяет моторные масла на 10 классов, отличающихся по вязкостно-температурным характеристикам. Вязкость масел при низкой температуре определяется на приборе CCS (Колд Крэнпинг Симулейтор), обеспечивающим возможность измерения высоких значений градиента скорости сдвига; это позволяет имитировать на приборе CCS холодный пуск двигателя.

Прокачиваемость моторных масел характеризует поступление масла через приемный патрубок к масляному насосу. Для оценки этого показателя используется миниротационный вискозиметр или модифицированный вискозиметр Брукфильда. Особенностью последней зарубежной классификации масел является то, что вязкость масел различных классов при низкой температуре определяется с интервалом 5°С, что весьма удобно для потребителей, когда важно знать температуру, при которой масло начинает терять работоспособность.

Прямое сравнение характеристики по классификации SAE I 300е и ГОСТ 17479.1-85 затруднительно в связи с существенным различием в методиках оценки вязкости при низкой температуре.

Таблица 4

Классификация моторных масел по вязкости (SAE I 300е)

Класс по SAE	Вязкость МПа с, не более	Предельная температура прокачиваемости °С, не выше	Кинематическая вязкость при 100°С, мм²/с	
			не менее	не более
0W	3250 при -30°С	-35	3.8	-
5W	3500 при-25°С	-30	3.8	-
10W	3500 при -20°С	-25	4.1	-
15W	3500 при -15°С	-20	5.6	-
20W	4500 при -10°С	-15	5.6	-
25W	6000 при -5°С	-10	9.3	-
20	-		5.6	9.3
30	-		9.3	12.5
40	-		12.5	16.3
50	-		16.3	21.9

Принятая во многих странах классификация API (Американского нефтяного института) связывает эксплуатационные свойства масел с условиями работы двигателей (табл.5). Условия приме-

нения масел обозначаются двумя буквами: первая определяет тип двигателя (S - бензиновый, C - дизель), вторая (A,B,C,D,E,F,G) - уровень эксплуатационных свойств моторных масел.

Таблица 5

Классификация условий применения масла (API.) 1980 г.

Обозначение	Условия применения масла	Характеристика масла
	Дизели	
CA	Двигатели, работающие в легких условиях эксплуатации на высококачественном топливе	Обладает моющими, противокоррозионными и противоизносными свойствами, необходимыми для обеспечения работы бензиновых двигателей и дизелей без наддува, эксплуатируемых на малосернистом топливе (масла по спецификации MIL-L-2104A) .
CB	Двигатели без наддува, работающие в условиях эксплуатации средней напряженности на топливе с повышенным содержанием серы	Обладает моющими, противоизносными и противокоррозионными свойствами, необходимыми для обеспечения работы дизелей без наддува, эксплуатируемых на сернистом топливе (масла по спецификации MIL-L-2104A , Сапплемент 1).
CC	Двигатели с умеренным наддувом, работающие в тяжелых условиях эксплуатации	Обладает моющими и противокоррозионными свойствами, а также способностью предотвращать образование низкотемпературных отложений и ржавление деталей двигателей (масла по спецификации MIL-L-2104B).

Обозна-чение	Условия применения масла	Характеристика масла
CD	Двигатели с наддувом, работающие в тяжелых условиях эксплуатации и на топливе с повышенным содержанием серы	Обладает противокоррозионными, высокими моющими и противоизносными свойствами, необходимыми для обеспечения работы дизелей с наддувом, эксплуатируемых на сернистом топливе (масла по спецификации MIL-L-45199B, серии 3)
Бензиновые двигатели		
SA	Двигатели, работающие в очень легких условиях эксплуатации	Без присадки или с добавкой депрессорной и противопенной присадок
SB	Двигатели, работающие в легких условиях эксплуатации	Обладает антиокислительными, противокоррозионными и противозадирными свойствами, необходимыми для обеспечения работы двигателей старой конструкции
SC	Двигатели, работающие в условиях эксплуатации средней напряженности	Обладает моющими, противокоррозионными свойствами, а также способностью предотвращать образование низкотемпературных отложений и ржавление деталей двигателей, выпущенных в 1964-1967 гг.
SD	Двигатели, предъявляющие повышенные требования к качеству масла, работающие в условиях эксплуатации средней напряженности	Обладает повышенными моющими, противоизносными и противокоррозионными свойствами, а также повышенной способностью предотвращать образование низкотемпературных отложений и ржавление деталей двигателей, выпущенных в 1968-1971 гг.

SE	Двигатели, предъявляющие высокие требования к качеству масла, работающие в условиях эксплуатации средней напряженности	Обладает высокими антиокислительными, моющими, противоизносными и противокоррозионными свойствами, а также высокой способностью предотвращать образование низкотемпературных отложений и ржавление деталей двигателей, выпущенных в 1972-1979 гг.
SF	Двигатели, предъявляющие особенно высокие требования к качеству масла, работающие в условиях эксплуатации средней напряженности	Обладает особенно высокими антиокислительными и противоизносными свойствами, высокими моющими и противокоррозионными свойствами, а также высокой способностью предотвращать образование низкотемпературных отложений и ржавление деталей двигателей, выпущенных начиная с 1980 г.

2.3. Синтетические масла

Опыт эксплуатации ДВС с применением синтетических масел свидетельствует об их преимуществах. Они обеспечивают снижение расхода топлива (до 5% по сравнению с загущенными моторными маслами), имеют повышенный срок службы, меньшую испаряемость при высокой температуре, обладают высокими пусковыми свойствами. Однако высокая стоимость (в среднем в 2,5-5 раз выше минеральных масел) ограничивает их применение в двигателях.

Производство синтетических масел на основе поли-d-олефинов, диэфиров и эфиров полиолов постепенно возрастает. Все более популярными становятся полусинтетические моторные масла. В районах с низкой температурой воздуха их использование является единственным способом обеспечения надежности в работе высокофорсированных ДВС.

В США на арктические моторные масла для наземной техники распространяется спецификация MIL-L-46167. Масла, отвечающие требованиям этой спецификации, должны обладать вязкостью при 100°С не менее 5,75 мм²/с, а при -40°С не более 8800 мм²/с; температура застывания не выше -54°С, температура вспышки не ниже 218°С.

В последнее время в полусинтетические масла вводятся эффективные антифрикционные присадки (модификаторы трения), что способствует повышению работоспособности масла в зоне высоких температур (ЦПГ), повышает противоизносные свойства масла.

2.4. Основные требования к качеству моторных масел

Требования к качеству масла непрерывно повышаются и расширяются. Для обеспечения надежной и экономичной эксплуатации двигателей они должны:

- предохранять детали ДВС от интенсивного накопления углеродистых отложений, не допуская закоксовывания поршневых колец;
- обладать высокими противоизносными, противозадирными, противокоррозионными и защитными свойствами;
- обеспечивать масимальное снижение механических потерь в двигателе и удельного расхода топлива;
- иметь оптимальный фракционный состав, низкую испаряемость, минимальный расход;
- обладать совместимостью при смешении в пределах одной классификационной группы с различными композициями присадок;
- в процессе длительного хранения должны быть стабильными, сохранять эксплуатационные свойства.

В зависимости от температуры окружающей среды вязкость масла должна соответствовать значениям, указанным в табл.6.

III. АССОРТИМЕНТ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

В табл. 7 и 8 представлены ассортимент и назначение основных трансмиссионных и моторных масел на различные виды износа. Из данных таблиц видно, что современные моторные масла в целом имеют достаточный уровень эксплуатационных свойств. И в основном они удовлетворяют требованиям нормальной эксплуатации автотранспортной техники.

Современные масла, особенно групп $Г_1$ и $Г_2$, содержащие до 5-8% моющих присадок, способны защищать ДВС при периодической эксплуатации и хранении автомобилей в течение 1-1,5 года. Как видно из данных табл. 9, новые масла способны снижать отдельные виды износа. Только некоторые из них, содержащие в своем составе современные пакеты присадок, имеют достаточно хороший уровень эксплуатационных свойств. Можно отметить единое для всех типов двигателей всесезонное М-$4_з$/8 ГРК на полусинтетической основе. Это масло обеспечивает устойчивый запуск двигателей при температурах от +38°С до -43°С. В настоящее время на смену всесезонному маслу М$6_з$/10$Г_1$ с 1986г. начато производство масел М$5_з$/10$Г_1$ с низкотемпературными свойствами и значительной зольностью, а также масло М-$6_з$/12$Г_1$ для умеренных климатических зон и практически для всех видов двигателей ВАЗ.

Таблица 6

Требования к вязкости моторных масел

Масло	Температура застывания °С,не выше	Вязкость масла				Минимальный индекс вязкости
		мм²/с			мПас	
		100	0	-18	-30	
Летнее	-15	11±0.5	2000	-	-	90
Зимнее	-30	8±0.5	1200	6000	-	100
Всесезонное	-45	7.5-10.5	800	2600	6000	125
Северное	-55	8.0±0.5	800	1600	2200	125

Моторное масло $M6_з/10Г_1$ отличается повышенным содержанием зольных присадок, обладает недостаточной механической стабильностью и является малопригодным для двигателей с высокотемпературным тепловым режимом. Выпускаемые в последние годы масла $M5_з/10Г_1$ и $M6_з/12Г_1$ уже в большей степени удовлетворяют предъявляемым требованиям современных карбюраторных двигателей. Более того, в двигателях ВАЗ-2108 и ВАЗ-1111 конструктивно обеспечена работа пары "кулачок распределительного вала - толкатель клапана в масляной ванне", снабжаемой маслом, поступающим из подшипников распределительного вала. Такая конструкция повысила надежность работы пары трения, уменьшив время масляного голодания при пуске и прогреве двигателя в тот момент, когда при отсутствии смазки в условиях сухого трения велика вероятность образования задиров, а следовательно, и повышенного износа.

Специальные профили зубьев шестерен и конструкция масляного насоса обеспечивают повышенную его подачу на всех режимах работы двигателя, что, безусловно, повысило надежность двигателя в целом.

Таблица 7

Ассортимент и назначение современных автомобильных моторных масел

Марка масла	Основные физико-химические свойства				Назначение	Рекомендации по уменьшению износа узлов автомобилей
	вязкость при 100°C	индекс вязкости	температура застывания, °C	зольность, %		
1	2	3	4	5	6	7
М-$4_з$/6_1 (АС$З_п$-6)	6	125	-42	1.3	Среднефорсированные карбюраторные, работающие на автобензине А-76. Применение всесезонное с температурой холодного пуска до минус 30°C.	Для уменьшения износа от электрохимической коррозии при периодической эксплуатации и хранении автомобилей. Возможно добавление в масло 3% (масс) защитных присадок НГ-107М или НГ-110М. Для получения того же эффекта со снижением коррозионно-механических видов износа (питтинга, фреттинг-коррозии, растрескивания, усталости и пр.), а также с целью снижения расхода топлива - до 4% (масс). Возможно добавление в масло 1-3% защитно-антифрикционной присадки ЭКОМИН-1 (ПАФ-4) или композиции третьего поколения ЭКОМИН-2

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7
М-8$В_1$	8	85	-25	1.3	Среднефорсированные карбюраторные и дизельные (ЯМЗ-236,238) двигатели. Всесезонное с периодической заменой (до 18 тыс.км пробега)	То же
М-6з/10В (ДВ-АС$З_п$-10В)	10	115	-40	1.3	Среднефорсированные карбюраторные и дизельные двигатели (ЯМЗ-236,238), высокофорсированные дизели типа ЯМЗ-740 для автомобилей КАМАЗ	То же
М-8$Г_1$	8	100	-30	1.3	Высокофорсированные карбюраторные двигатели, работающие на бензине марки АИ-93 (автомобили семейства "Жигули" и др.). Зимний сорт	То же
М-12$Г_1$	12	95	-20	1.3	То же. Летний сорт	То же
М-$6_з$/10$Г_1$	10	125	-32	1.65	То же. Всесезонное	То же
М-8ГИ	8	98	-30	0.55	Рабоче-консервационное малозольное всесезонное масло для заводской обкатки и первой заправки автомобилей семейства "Жигули". Постоянная и периодическая эксплуатация, хранение автомобилей	Не нуждается в добавлении ингибиторов коррозии

М-$4_з$/8ГРК	8	115	-42	1.15	Рабоче-консервационное всесезонное масло, единое для карбюраторных и некоторых типов дизельных двигателей	Не нуждается в добавлении ингибиторов коррозии и защитно-антифрикционных присадок. Защищает от всех видов износа, уменьшает расход топлива до 2-4% (масс.)
М-$8В_2$	8	90	-25	1.3	Быстроходные автотракторные дизели без наддува. Зимний сорт	Нуждается в добавлении ингибиторов коррозии или защитно-антифрикционных присадок
М-$10В_2$	11	90	-15	1.3	То же. Летний сорт	То же
М-$8Г_2$	8	90	-25	1.65	Форсированные быстроходные дизели без наддува и с наддувом. Зимний сорт	То же
М-$10Г_2$	11	90	-15	1.65	То же. Летний сорт	То же
М-8ДМ	8	102	-30	1.5	Высокофорсированные дизели с наддувом для тяжелых автомобилей, тракторов, бульдозеров и пр. Зимний сорт	То же
М-10ДМ	11	92	-15	1.5	То же. Летний сорт	То же
МТ-$4_з$/8ДС	8	125	-55	1.35	Всесезонное единое моторно-трансмиссионное масло для дизельных двигателей, работающих в условиях Севера	То же

Таблица 8

Ассортимент и назначение трансмиссионных автомобильных масел

Марка масел	Вязкость при 100°С, мм²/с	Индекс вязкости	Температура застывания °С	Назначение	Рекомендации по уменьшению износа
1	2	3	4	5	6
$ТСЗ_п$-8	8	130	-50	Прямозубые, спирально-конические и червячные передачи, работающие при контактных напряжениях до 2 кПа и температуре масла 120°С. Всесезонное, работоспособно до -50°С	Для уменьшения износа от электрохимической коррозии при периодической эксплуатации и хранении автомобилей возможно добавление в масло 3% (масс.) защитных присадок типов НГ-107Т, НГ-110Т, НГ-111МТ или защитноантифрикционных присадок третьего поколения
$ТС_в$-9гип	9	140	-50	То же, работоспособно до температуры в объеме масла 130°С	То же
$ТС_п$-10	10	90	-40	То же, работоспособно до температуры в объеме масла 110°С	То же
ТАП-15В	15	-	-20	То же, работоспособно до температуры в объеме масла 130°С	То же

$ТС_п$-15к	15	90	-25	То же	То же
$ТС_п$-14гип	14		-25	Гипоидные передачи, работоспособно до температуры масла в объеме 130°С. Всесезонное, работоспособно до минус 30°С	То же
ТАД-17И	17	100	-25	То же, работоспособно до температуры масла в объеме выше 135°С. Используется в автомобилях семейства "Жигули"	То же
ТМ-5-12РК	12	120	-45	Единое всесезонное трансмиссионное масло для автомобилей различных типов	Не нуждается в добавлении ингибиторов коррозии

Таблица 9

Влияние моторных и трансмиссионных масел на трение и отдельные виды износа

Марка масла	Уровень функциональных свойств							Влияние на отдельные виды коррозии и износа						
	вязкостно-температурных	моющих	противоокислительных	антифрикционных	противоизносных и противозадирных	противокоррозионных	защитных	усталостный износ	коррозионно-усталостный износ	фреттинг-коррозия	питтинг	кислотная коррозия	коррозионное растрескивание	коррозия при трении
Моторные масла														
М-$4_з$/$6В_1$	Х	Н	Н	Н	П	Н	Н	Н	П	Н	П	Н	П	Н
М-$8В_1$	Н	Н	Н	Н	П	Н	Н	Н	П	Н	П	Н	П	П
М-$6_з$/10В	Х	Н	Н	Н	П	Н	Н	Н	П	Н	Н	Н	Н	Н
М-$8Г_1$;М-$12Г_1$	Х	О	Х	Х	О	Х	Х	О	Х	Х	Х	Х	Н	Н
М-$8Г_И$; $10Г_И$	0	О	Х	Х	О	Х	О	О	Х	Х	Х	Х	Н	Х
М-$4_з$/8ГРК	О	Х	Х	Х	Х	Н	О	О	О	О	О	О	О	Х

М-$6_з$/10$Г_1$	Х	Х	Х	Н	Х	Н	Н	Н	П	Н	Н	П	П	Х
М-$6_з$/10$Г_1$+ +1% ПАФ-4	О	О	Х	О	О	Х	О	О	Х	Х	Х	Х	Х	О
М-8$В_2$,10$В_2$	Н	Н	Н	Н	П	Н	Н	Н	П	Н	П	Н	П	П
М-$5_з$/ 10$Г_1$	О	Х	Х	О	Х	Х	Х	О	Х	Х	Х	Х	Х	О
М-8ДМ, 10ДМ	Х	Х	Х	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
МТ-$4_з$/8ДС	Х	Х	Н	Х	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н

Трансмиссионные масла

ТС$З_п$-8	Х	Н	Н	Н	Н	Н	Н	П	Н	Н	П	П	Н	П
Т$С_в$-9гип	Х	Н	Н	Н	Х	П	П	П	П	П	П	Н	П	П
Т$С_п$-10	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	П	Н	Н	П	Н	Н	П
ТАП-15В	Н	Н	Н	Н	Н	Н	П	П	Н	Н	П	Н	Н	Н
Т$С_п$-15к	Н	Н	Н	Н	Н	Н	П	П	Н	Н	П	Н	П	Н
ТАД-17И	О	Х	Х	О	О	Н	Н	П	Н	Н	Н	П	Н	Х
ТМ-5-12РК	О	Х	Н	Х	О	Х	Х	Х	Х	О	О	Х	Х	Х

Условные обозначения: О - отличные свойства; Х - хорошие, удовлетворительные; П- плохие; Н - нейтральное действие.

IV. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ МАСЕЛ

В связи с широким использованием импортной автотракторной техники в нашей стране все чаще возникает необходимость сравнения свойств зарубежных и отечественных масел с целью выбора заменителей. Учитывая, что двигатели многих зарубежных автомобилей и тракторов являются форсированными, применение масел с заниженными показателями качества может привести к быстрому выходу ДВС из строя.

При выборе эквивалентов прежде всего необходимо определить соответствие их вязкости и уровня эксплуатационных свойств (табл.10). Следует тщательно изучить характеристики и конструктивные особенности двигателя, для которого выбирается заменитель моторного масла. При этом целесообразно оценить условия работы масла в данном двигателе и его требования к качеству масла. Также необходимо ознакомиться с информацией, имеющейся в карте смазки; чрезвычайно важное значение имеют данные о сорте применяемого топлива, его вязкости, уровне эксплуатационных свойств, спецификации на это масло, характерных условиях применения для данного масла.

Всесторонний анализ вышеперечисленных материалов позволяет приступить к выбору моторного масла-эквивалента в существующем ассортименте масел той или иной страны. На практике решение этой задачи является не простым. В связи с введением в действие в 1982 г. новой зарубежной классификации SAE I 300e сравнение вязкости отечественных и зарубежных масел усложняется, так как по этой классификации введен показатель - предельная температура прокачиваемости масел, расширен перечень классов моторных масел, а вязкость зимних масел определяется не при температуре -18°С, а при температуре на 5° выше предельной температуры прокачиваемости моторных масел.

При выборе эквивалентов по уровню эксплуатационных свойств основные затруднения возникают в связи с существенным различием в методах классификационных испытаний моторных масел, принятых в нашей стране и за рубежом.

Для основного сорта масла при выборе эквивалента желательно согласовать этот вопрос с заводом-изготовителем двигателей; при отсутствии равноценного эквивалента рекомендуется применять масло с сокращенным сроком замены.

Табл. 11 и 12 содержат информацию, которая поможет выбрать конкретный сорт (марку) отечественного моторного масла, используя информацию об ассортименте моторных масел зарубежного производства, предназначенных для дизелей разного уровня форсирования и работаюших в широких условиях эксплуатации. Вместе с тем эти сведения необходимы и при выборе зарубежных заменителей отечественных моторных масел. Для этих же целей может быть использована табл.13. При выборе эквивалентов моторных масел следует помнить, что не желательно смешивать отечественные и зарубежные моторные масла. Из-за разных свойств применяемых присадок и их химического состава при смешении масел возможно выпадение некоторых компонентов в осадок.

Таблица 10

Соответствие классов вязкости и групп моторных масел по ГОСТу 17479.1-85 и системам SAE и API

ГОСТ	SAE	ГОСТ	SAE	ГОСТ	SAE	ГОСТ	API	ГОСТ	API
$3_з$	5W	12	30	43/10	10W/30	А	SB	Г	SE/CC
$4_з$	10W	14	40	53/10	15W/30	Б	SC/CA	$Г_1$	SE
$5_з$	15W	16	40	53/12	15W/30	$Б_1$	SC	$Г_2$	CC
$6_з$	20W	20	50	63/10	20W/30	$Б_2$	CA	Д	CD
6	20	$3_з/8$	5W/20	63/12	20W/30	В	SD/CB	Е	-
8	20	$4_з/6$	10W/20	63/14	20W/40	$В_1$	SD	-	CE
10	30	$4_з/8$	10W/20	63/16	20W/40	$В_2$	CB	-	SF

Таблица 11

Взаимозаменяемость дизельнх масел, выпускаемых зарубежными фирмами для наземной техники

Фирма	Назначение и условия применения масла		
	В двигателях без наддува, работающих в условиях эксплуатации средней напряженности (группа СВ)	Универсальное для двигателей с умеренным наддувом, работающих в тяжелых условиях эксплуатации (группа СС/SE)	В двигателях с наддувом, работающих в тяжелых условиях эксплуатации и на топливе с повышенным содержанием серы (группа СД)
1	2	3	4
"Бритиш петролеум" (Англия)	"Энергол-НД 10W" "Энергол-НД 30" "Энергол-НД 40"	"Ванеллус-М 30" "Ванеллус-М 40"	"Ванеллус-СЗ 10W" "Ванеллус-СЗ 30" "Ванеллус-СЗ 40" "Ванеллус-СЗ 50"
"Калтекс" (США)	РРМ ХД 10W РРМ ХД 30 РРМ ХД 40	РРМ230 РРМ 240	РРМ 310 РРМ 330 РРМ 340 РРМ 350
"Кастрол" (Англия)	"Деусол-СР110" "Деусол-СР130" "Деусол-СР140"	"Деусол-СРВ30" "Деусол-СРВ40"	"Деусол-СРН10" "Деусол-СРН30" "Деусол-СРН40" "Деусол-СРН50"

1	2	3	4
"Элф" (Франция)	"Дисал-НД 1 10W" "Дисал-НД 1 30" "Дисал-НД 1 40"	"Перформанс-2В 30" "Перформанс-2В 40"	Перформанс-3С 10W" "Дисал-НД 3 10W" "Перформанс-3С 30" "Дисал-НД 3 30" "Перформанс-3С 40" "Дисал-НД 3 40" "Дисал-НД 3 50"
"Эксон" (США)	"Эссолюб-НД 10W "Эссолюб-НД 30" "Эссолюб-НД 40	"Эссолюб-НДХ 30" "Эссолюб-НДХ 40"	"Эссолюб-ДЗ 10W" "Эссолюб-ДЗ 30" "Эссолюб-ДЗ 40" "Эссолюб-ДЗ 50"
"Галф" (США)	"Галфлюб-НД 10W" "Галфлюб-НД 30" "Галфлюб-НД 40"	"Галфлюб-ХНД 30" "Галфлюб-ХНД 40"	"Супер дьюти 10" "Супер дьюти 30" "Супер дьюти 40" "Супер дьюти 50"
"Мобил" (США)	"Делвак-1110" "Делвак-1130" "Делвак-1140"	"Делвак-1230" "Делвак-1240"	"Делвак-1310" "Делвак-1330" "Делвак-1340" "Делвак-1350"
"Шелл" (Англия)	"Ротелла 10W" "Ротелла 30" "Ротелла 40"	"Ротелла-Х 30" "Ротелла-ТХ 30" "Ротелла-Х 40" "Ротелла-ТХ 40"	"Римула 10W" "Римула 30" "Римула 40" "Римула 50"

Таблица 12

Взаимозаменяемость зарубежных универсальных моторных масел (CD/SF, CD/SE)

"Эксон" (США)	"Галф" (США)	"Петрофина" (Бельгия)	"Шелл" (Англия)	"Тексако" (США)	"Тоталь" (Франция)
"Эссолюб ХД 3 10W"	"Супер дьюти мотор ойл 10W"	"Фина каппа мотор ойл 10W"	"Римула-X 10W"	"Урса супер-плас-3 10"	-
"Эссолюб X 3 20W "	"Супер дьюти мотор ойл 20W/20"	"Фина каппа мотор. ойл 15W"	"Римула-X 20/20W"	"Урса супер-плас-3 20/20W	"Тоталь рубиа-20W/20"
"Эссолюб X 3 30"	"Супер дьюти мотор ойл 30"	"Фина каппа мотор ойл 30"	"Римула-X 30"	"Урса супер-плас-3 30"	"Тоталь рубиа-30"
"Эссолюб X3 40"	"Супер дьюти мотор ойл 40"	"Фина каппа мотор ойл 40"	"Римула-X 40"	"Урса супер-плас-3 40"	"Тоталь рубиа-40"
-	-	"Фина каппа мотор ойл 50"	"Римула-X 50"	-	-
"Эссолюб X 3 15W/40"	"Супер дьюти-плас 15W/40"	"Фина каппа мультигрейд мотор ойл 15W/40"	"Римула-X 15W/40" "Римула-X 20W/40"	-	"Тоталь рубиа-ТМ 15W/40"

Таблица 13

Зарубежные заменители отечественных масел для автотракторной техники

Отечественные масла	"Шелл"	"Мобил"
М-8$В_2$	"Ротелла 20/20W"	"Делвак-1120"
М-10$В_2$	"Ротелла 30"	"Делвак-1130"
М-8$Г_2$	"Ротелла-Х 20/20W"	"Делвак-1220"
М-8$Г_2$к	"Ротелла-ТХ 20/20W"	"Делвак-1220"
М-10$Г_2$	"Ротелла-Х 30"	"Делвак-1230"
М-10$Г_2$к	"Ротелла-ТХ 30"	"Делвак-1230"
М-10ДМ	"Римула-СТ 30" "Римула-Х 30"	"Делвак-1330"
М-10ДК	"Римула-30" "Майрина-30"	"Делвак-1330"
М-$6_з$/10В (ДВ-АСЗп-10В)	"Ротелла-Х 10W/30"	"Делвак спешиал 10W/30"

V.СМАЗКА ДВИГАТЕЛЕЙ

5.1. Влияние моторных масел на трение и износ ДВС

Известно, что трение, коррозия и общий износ наносят огромный ущерб, составляющий до 10% совокупного национального продукта разных стран.

Применительно к двигателям внутреннего сгорания (ДВС) можно отметить, что в результате общего износа, а также неправильной эксплуатации средняя потеря мощности ДВС составляет 10-15%. Ресурс работы отремонтированного двигателя составляет в среднем 30% нового.

Опыт эксплуатации ДВС показывает, что если не применять специальные защитные смазочные материалы, то поставленные на хранение автомобили изнашиваются быстрее, чем находящиеся в постоянной эксплуатации (типа "такси"). При использовании масел низкого качества коррозионные точки и пятна появляются на гильзах цилиндров, клапанах и других ответственных деталях при гаражном хранении на второй-пятый месяц. Износ на 1000 км пробега для автомобилей длительного хранения оказывается больше в 1,5-2 раза.

Наибольшие потери на трение приходятся на цилиндропоршневую группу ДВС во время запуска и остановок, ообенно при эксплуатации автомобилей и тракторов в условиях низких температур.

ДВС являются самыми массовыми потребителями топливно-смазочных материалов. Расходы на топливо и масла до капитального ремонта двигателя и стоимость самого двигателя примерно одинаковы.

Важная роль в решении задач по снижению затрат на трение, общий износ и коррозию техники отводится новым прикладным наукам - химмотологии и триботехнике.

Нередко среди водителей, механиков наблюдается скептическое отношение к проблеме рационального применения топливно-смазочных материалов. Весьма небогатый выбор моторных масел порождает "технический нигилизм". Однако при более внимательном отношении к этим вопросам становится очевидно, что именно в условиях, приближающихся к экстремальным, требуется глубокое понимание процессов, происходящих в ДВС, знание основных показателей качества моторных масел, особенности их применения для того, чтобы как можно дольше продлить срок службы двигателей и, таким образом, насколько возможно снизить эксплуатационные расходы.

Особенно эта задача актуальна в условиях роста цен как на нефтепродукты, так и на ДВС и их запасные части.

В сложнейшем комплексе вопросов борьбы с трением, коррозией и износом химмотология имеет свои задачи, значение которых связано с коренным изменением отношения к нефти, топливам и маслам. Это связано также с проблемами в отечественной нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. При повышении качества, стоимости нефтепродуктов и сложности их изготовления количество перерабатываемой нефти практически не увеличивается.

В настоящее время содержание присадок в смазочных маслах достигает 10-15% и более. В некоторых случаях новый тип двигателей невозможно создавать без одновременности разработки соответствующего вида топлива и моторного масла.

Сегодня различают следующие важнейшие свойства моторных масел: вязкостно-температурные, собственно-моющие, диспергирующие, стабилизирующие, антиокислительные, противопенные, противоизносные, противозадирные, антифрикционные, противокоррозионные. На основе теоретических работ последних лет вводятся понятия: демпфирующие, противопиттинговые, способность масел предотвращать коррозионно-механический и водородный износ и т.п. Более того, идет поиск принципиально

новых присадок и ингибиторов коррозии и их композиций, уменьшающих все виды износа двигателей.

За счет совершенствования конструкции ДВС и улучшения качества моторных масел можно снизить расход топлива на 10-15%, увеличить ресурс двигателей на 30%, увеличить срок смены масел и снизить их расход в 2-4 раза, сократить ассортимент применяемых масел, уменьшить затраты на ремонт, запасные части.

5.2. Износ двигателя

Все двигатели постепенно изнашиваются. Неблагоприятные факторы или условия способствуют ускорению износа и значительно сокращают срок эксплуатации двигателя. Из рабочих поверхностией двигателя более всего изнашиваются стенки цилиндра и поршневые кольца. Интенсивный износ наблюдается в зонах минимальных скоростей движения поршня, особенно у камеры сгорания, где наиболее высокие температуры и максимальные давления. Толщина масляной пленки изменяется при движении поршня. При такте всасывания происходит разжижение масляной пленки на зеркале цилиндра рабочей смесью. Пленка разрушается в зоне верхних колец при такте сжатия и выгорает при воспламенении. В районе мертвых точек всегда наблюдается более или менее полное разрушение масляной пленки. При низких оборотах вероятность образования полусухого трения возрастает.

С повышением давления на поршневые кольца и температуры поверхностей трения область сухого трения в цилиндре увеличивается.

Существенное влияние на износ оказывают продукты сгорания, особенно соединения серы и ванадия. Увеличение содержания серы в топливе вызывает резкое усиление нагарообразования на поршне, ухудшающее теплообмен, и способствует накоплению твердых частиц в смазке. Одним из источников абразивных частиц является воздух. С повышением степени форсирования

двигателей возрастает количество поступающего в цилиндр воздуха и, следовательно, абсолютное количество пыли.

Интенсивность изнашивания основных узлов трения также зависит и от режима смазки.

Гидродинамическая теория смазки была создана профессором Н.П.Петровым в 1883 г. и является важнейшим разделом современной теории смазки машин и механизмов. Этот режим смазки предполагает полное разделение поверхностей слоем смазки, причем внешнее трение заменяется трением между слоями жидкости.

Гидродинамический (жидкостный) режим смазки требуется для всех пар трения в двигателе. Именно он позволяет уменьшить в сотни раз силу и мощность трения, а также износы узлов.

В двигателях наиболее сложным узлом трения является цилиндро-поршневая группа. Знакопеременные силы, действующие на поршень через кольца, оказывают влияние на масляную пленку и формируют ее при движении поршня от ВМТ к НМТ и обратно. В момент изменения направления сил имеет место "перекладка зазора", то есть поршень, прижимавшийся ранее к правой стороне втулки, быстро перебрасывается к левой стороне (выбирается зазор). При этом удар поршня и колец о втулку смягчается демпфирующим действием масляной пленки, у которой при больших ударных давлениях повышается вязкость. Следует отметить, что микронная масляная пленка является и тепловым демпфером. При работе ДВС имеет место насосное действие колец. Как это происходит, показано на рис.3. Масло (М) по зазорам поднимается вверх. При избытке масла, больших износах и чрезмерно большой частоте вращения вала двигателя оно забрасывается в камеру над поршнем, где и сгорает (расход масла на угар).

Работа узла трения "кольцо-пленка-втулка" происходит в очень сложных условиях.

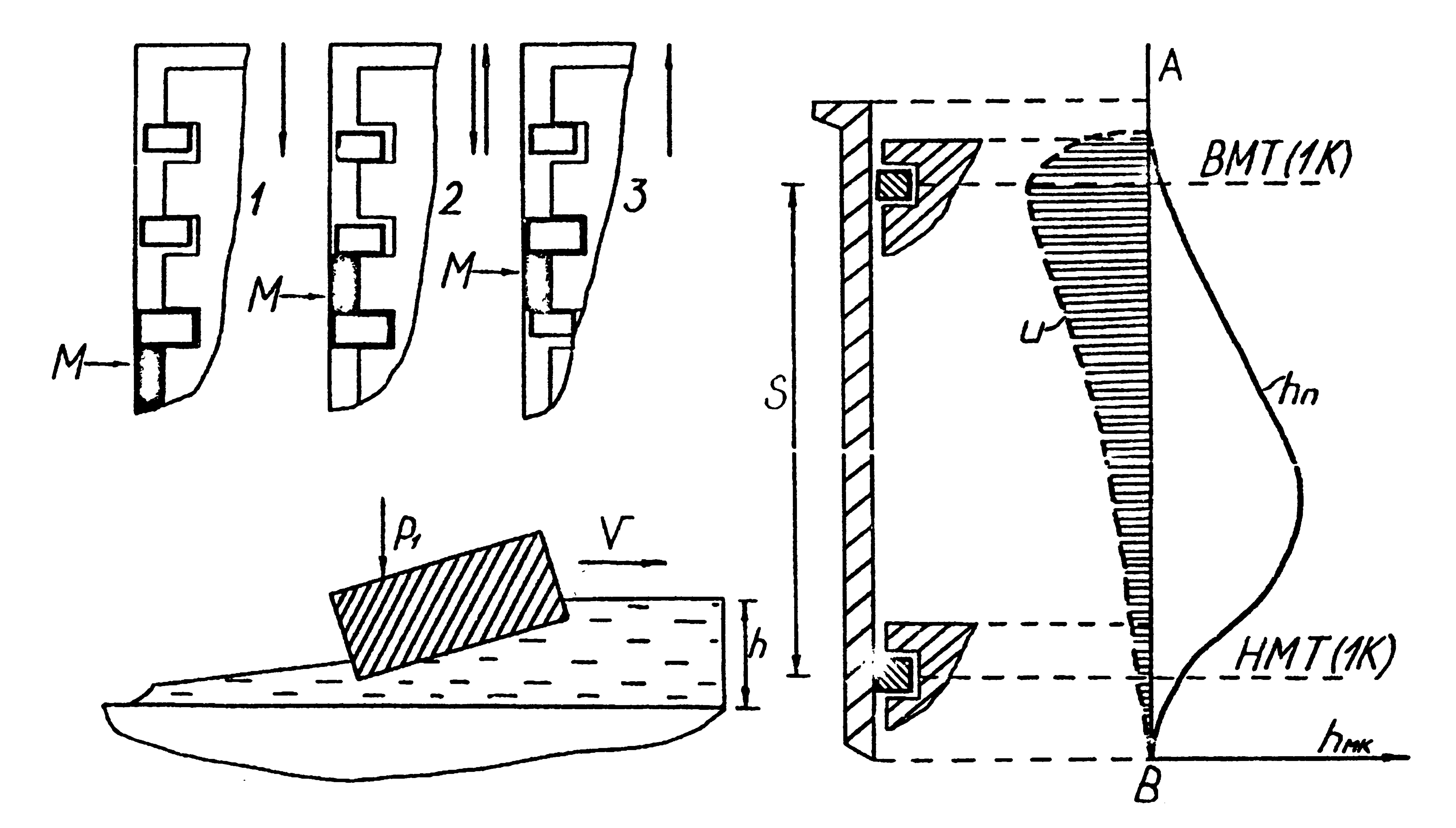


Рис.3. Насосное действие поршневых колец и образование масляной пленки в узле трения кольцо-втулка

$h_п$ - толщина пленки; u - эпюра износа втулки по высоте

Кольцо, двигаясь по пленке, формирует ее с переменной высотой h; на рис.3 дана эпюра толщины масляной пленки $h_п$ по высоте цилиндровой втулки.

Тонкая масляная пленка испытывает воздействие переменных физико-химических факторов; особенно в зоне первого поршневого кольца на нее действуют:

- давление - 6-120 бар
- температура газов - 250-1600°C
- парциальное давление кислорода - 8-12 бар.

При этом за короткое время (20-50 миллисекунд) температура на поверхности пленки в верхней зоне резко возрастает - идет интенсивное испарение масла и уменьшение толщины пленки. Одновременно углеводороды масла подвергаются кислородной атаке, ведущей к окислению. В пленку постоянно поступают продукты неполного сгорания - сажа, окислы серы и т.д. И внутри пленки идут сложные физико-химические процессы деструкции, окисления, диффузии и т.д.

В реальных двигателях $h_п$ меняется от 5 до 30 микрон. Наиболее тяжелые условия работы масляной пленки - в высокотемпературной зоне (ВМТ), где в момент перекладки поршня может иметь место граничное трение. Это подтверждает и эпюра износов (рис.3, кривая U), где максимальный износ наблюдается именно в этой зоне втулки цилиндра. На толщину пленки влияют два основных фактора - число оборотов и вязкость масла.

В условиях эксплуатации нарушение смазки поршневых колец приводит к повышенному износу, образованию рисок, задиров, нагаролакоотложений (рис.4).

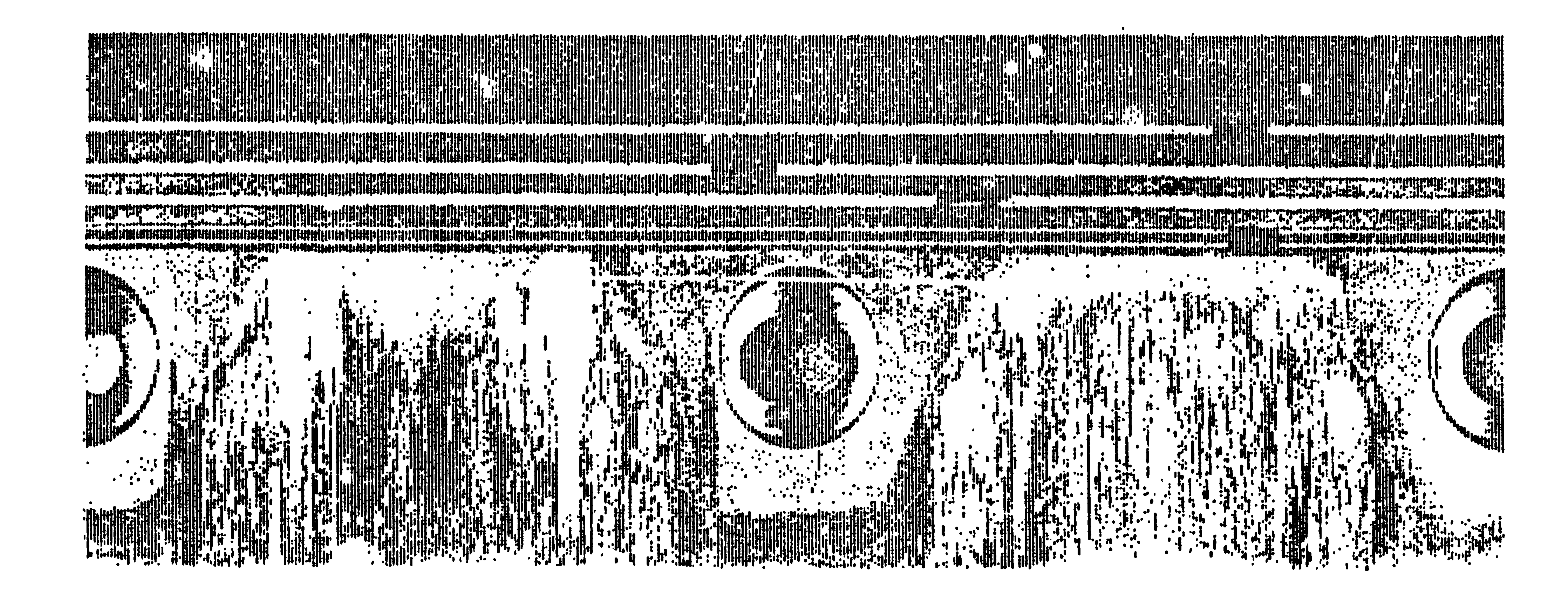


Рис.4. Повреждения поршня, вызванные нарушением смазки

5.3. Виды износа ДВС

На рис.5 представлены основные виды износа и коррозии. На общий износ двигателя и автомобиля влияют все виды трения, изнашивания и коррозии.

В настоящее время начинает преобладать системный подход к общему износу техники. Более внимательно изучаются такие виды износа, как электрохимический и усталостный питтинг (точечное выкрашивание), коррозионное растрескивание, фреттинг-коррозия, водородное охрупчивание и водородный износ.

Особенно вредное влияние на износ двигателей оказывает вода, присутствующая в топливах и маслах. Она не только усиливает водородный износ, но и ускоряет коррозию вкладышей подшипников и других деталей из цветных металлов и сплавов при высоких температурах.

Актуальными задачами химмотологии остаются проблемы, связанные с углублением переработки нефти и радикальным повышением качества моторных масел. Новый импульс получают работы по созданию альтернативных топлив на основе природного газа, продуктов переработки угля и сланцев, нефтяных газов, водорода, спиртов (метанола, этанола), а также водно-топливных эмульсий. Применение некоторых альтернативных топлив усложняет защиту ДВС от коррозии и износа, что потребует разработки специальных присадок как к топливам, так и к моторным маслам.

Переход на хорошо очищеные минеральные, полусинтетические и синтетические базовые масла позволит облегчить пуск двигателей при низких (до -40°С) температурах и экономить 2-5% топлива за счет снижения потерь на трение в гидродинамическом режиме смазки.

Однако отмечаются недостаточная прочность масляной пленки и увеличение некоторых видов износа.



Рис. 5. Основные виды износа

В связи с этим в масла вводят новые антифрикционные присадки, уменьшающие потери на трение и все виды износа. Основой в таких присадках служат беззольные органические соединения,содержащие благородные легирующие элементы - никель, кобальт, хром, чаще всего - молибден.

Малорастворимые поверхностно-активные вещества такого типа образуют в узлах трения многослойные защитные пленки с внедрением легирующих металлов в зону трения. Такая пленка и обеспечивает снижение потерь на трение, уменьшает расход топлива.

Способностью предохранять узлы трения от всех видов износа обладают только специальные защитно-антифрикционные присадки ПАФ-4 (ЭКОМИН). Особое место при этом принадлежит молибдену: атомы этого металла способны связывать атомы железа, образуя структуры, стойкие к питтингу, фреттинг-коррозии. Более того, только этот металл образует в результате окисления поверхностных слоев оксиды, температура плавления и твердость которых на порядок ниже, чем у металла поверхности трения. Также замечено, что молибден, хром (а также палладий, платина, тантал) в среде углеводородов инициируют образование полимерных защитных пленок (полимеров трения).

5.4. Присадки, снижающие потери на трение, коррозию и износ

Нефтехимической промышленностью потребителям уже сегодня предлагаются композиции присадок третьего поколения - наиболее эффективные.

Комбинированные ингибиторы коррозии первого поколения (АКОР-1,КП) обладали недостаточной защитной эффективностью. Эти высокозольные присадки усиливали коррозию в кислых средах.

Композиции присадок второго поколения более эффективны и обеспечивают длительную защиту двигателей при хранении (от 3 до 5 лет) при концентрации в маслах 3-5%.

К ним относятся присадки: НГ-107М, НГ-110Т, НГ-110М и др. Однако они не всегда эффективны в условиях усталостного износа, фреттинг-коррозии. Слабо снижают водородный износ.

Композиции присадок и ингибиторов коррозии третьего поколения (типа "Моника", ЭКОМИН-2 и др.) содержат в своем составе антифрикционные присадки, содержащие лигирующие металлы.

Присадки третьего поколения особенно необходимы при использовании современных моторных низкозастывающих масел, а также полусинтетических масел работоспособных при очень низких температурах.Эти масла экономят топливо за счет низкой вязкости и хорошей вязкостно-температурной характеристики, но требуют значительного улучшения несущей способности масляной пленки, в повышении противоизносных, противозадирных и других защитных свойств при введении в них композиций третьего поколения.

VI. УСЛОВИЯ РАБОТЫ МАСЕЛ В ЗОНЕ ЦПГ ДВИГАТЕЛЕЙ

6.1. Закоксовывание поршневых колец

Основной тенденцией в развитии современного двигателестроения является форсирование рабочего процесса. Все известные методы форсирования двигателей приводят к росту давлений и повышению рабочих температур, воздействующих, в свою очередь, на детали ЦПГ.

Однако известные преимущества форсирования (меньшие габариты, меньшая масса двигателя, более высокий к.п.д., меньшая стоимость на единицу мощности и ряд других) оказывают решающее влияние на развитие современного отечественного и мирового двигателестроения.

Из всех систем современного двигателя наиболее важное значение для его надежности, долговечности и экономичности имеет масляная система. Как правило, форсирование дизелей производится без увеличения объема масляной системы. Поэтому резко возрастающее количество тепла приходится отводить от поршня прежнему количеству масла.

При этом наблюдается значительное повышение температуры поршня. Возрастают удельные тепловые потоки в масляную пленку, особенно в зоне поршневых колец. Возрастание среднего эффективного давления всегда сопровождается повышением температуры и давления процесса сгорания. Помимо этих двух факторов, также следует учитывать третий фактор - парциальное давление кислорода, которое также возрастает с повышением среднего эффективного давления. Изменение парциального давления кислорода ведет к значительному увеличению количества кислорода в цилиндрах двигателей при их форсировании.

Рассматривая полную схему циркуляции масла в узлах трения двигателя, можно выделить две характерных зоны работы масла, которые резко отличаются по своим физико-химическим условиям:

1. Высокотемпературная зона - зона цилиндровой втулки и поршневых колец.
2. Низкотемпературная зона - зона картера и масляной системы с относительно низкими температурами и давлениями кислорода.

Наиболее напряженной зоной работы масла, несомненно, является высокотемпературная зона.

Процессы в высокотемпературной и низкотемпературной зонах имеют постоянную физическую и химическую взаимосвязь. Собственно, идет единый сложный процесс, который обычно называют старением масла в двигателе. Процесс старения характеризуется скоростью и глубиной изменения параметров состояния свежего масла (начальных физико-химических свойств) при его работе в дизеле. Очевидно, что для тронковых дизелей главной причиной старения является интенсивное воздействие на масляную пленку (в зоне ЦПГ) внешних факторов рабочего процесса.

Наиболее опасным процессом в ЦПГ двигателя является закоксовывание поршневых колец, потеря их подвижности. Данный процесс можно представить как нестационарный, проходящий четыре основные фазы:

1. Нормальная работа поршневого кольца.
2. Образование и рост нагаролакоотложений в зоне "кольцо-масло-канавка" (КМК).
3. Образование перемычек и прихваты кольца в канавке.
4. Закоксовывание кольца, потеря подвижности и нарушение тепло- и маслообмена в зоне КМК.

В целом кинетика процесса для различных условий работы системы "двигатель-масло-топливо" (ДМТ) может качественно менять-

ся. При нормальных условиях работы триады КМК наиболее характерна первая и вторая фазы; третья и четвертая фазы закоксовывания иногда могут и не наблюдаться. Например, когда моторное масло достаточно высокого качества. Для жестких условий работы зоны КМК кинетика процесса меняется, первая и вторая фазы значительно сокращаются по времени, быстрее наступает третья фаза. Продолжтельность каждой фазы отдельно взятой системы ДМТ может изменяться по времени в достаточно большом диапазоне и будет зависеть от комплексного влияния внешних и внутренних факторов. Рассмотрим схему действия внешних и внутренних факторов.

В первой фазе при нормальной циркуляции масла в зоне КМК и нормальном теплоотводе на ее поверхностях образуется пограничный адсорбированный слой заряженных молекул смол и активных компонентов присадки с донорным и акцепторным действием. В зоне КМК идут процессы адсорбции тепло- и маслообмена. Эффективность антиокислительного и моющего действия масел способствует созданию на металлических поверхностях зоны КМК заряженных слоев, которые препятствуют образованию отложений. Одновременно в этой зоне проходит солюбилизация и диспергирование углистых и других частиц, которые поступают в эту зону извне или образуются в ней. В масло из зоны цилиндра поступают кислород, твердый углерод (сажа), активные продукты сгорания (АПС).

Вторая фаза - рост лаковых отложений на наиболее горячих поверхностях канавки и кольца. Лако- и смолообразование сопровождается местным повышением вязкости, уменьшается зазор по высоте (h) между кольцом и канавкой, возрастает гидравлическое сопротивление движению масла и уменьшается скорость его циркуляции, что ведет к перегреву масла в зоне КМК. При этом замедляется действие некоторых внешних факторов и создаются такие условия в канавке, которые способствуют более глубокому окислению и термодеструкции углеводородов масла. С уменьшением притока масла и повышением его температуры оно достигает критической температуры нагаролакообразования.

Третья фаза - образование перемычек и прихват кольца, связанные с интенсивным образованием продуктов термического распада углеводородов масла (крекинг-процесс).

Разрушение молекул углеводорода масла может идти в двух направлениях:

1. Термокрекинг, когда углеводороды разлагаются без заметного окисления из-за недостатка воздуха.

2. Разрушение - в результате соприкосновения углеводородов масла с активной средой (пламенем). Пламя (комплекс активных радикалов), прорываясь между стенкой цилиндра и поршнем, соприкасается с углеводородом масла. Радикалы обладают большой кинетической энергией и химически реакционной способностью. Совокупность имеющихся сведений приводят к представлению о глубоком крекинге, как некотором сложном комплексе взаимно связанных радикально-цепных процессов крекинга, голимеризации и конденсации углеводородов.

На основе работ Брукса и Тейлора механизм образования масляного кокса в зоне поршневых колец можно представить следующим образом. Сначала в результате радикальноцепных реакций в жидкой фазе накаливаются смолы и асфальтены, которые претерпевают "фазовый переход", что приводит к образованию кристаллитов твердого кокса. Выделение фазы асфальтенов может происходить при достижении "пороговой концентрации". Очевидно, что при насыщении зоны поршневых колец асфальтенами образуются молекулярные комплексы (агрегаты), которые при плохой растворяющей способности смазочного масла в высокотемпературной зоне могут подвергаться реакциям уплотнения с образованием углерода. Показано, что температура полного перехода нефтяных масел в молекулярно-дисперсное состояние достигает 250°С. Эта температура характерна для высокофорсированных дизелей в зоне верхнего поршневого кольца.

Третья фаза характеризуется прежде всего тем, что здесь активно идет процесс образования масляного кокса. Ввиду неравномерного распределения температур по канавке кокс образуется на наиболее горячих поверхностях. Образовавшиеся местные нарушения тепло- и маслообмена в канавке способствуют расширению зон образования асфальтенов, переходящих в масляный кокс. Зазор между кольцом и канавкой уменьшается, и в зонах, где она приближается к нулю возможен местный прихват кольца в канавке. Это способствует нарушению нормального вращения кольца в канавке и более глубоким термическим превращениям в зонах максимальной температуры. Процесс прихватывания кольца, очевидно, будет проходить периодически в течение длительного времени.

Таким образом, создаются предпосылки для наступления четвертой фазы процесса закоксовывания.

Для четвертой фазы характерно закоксовывание поршневого кольца. Наблюдается полная потеря подвижности кольца в канавке и происходит превращение асфальтенов в твердый кокс по всей поверхности контакта КМК. Когда зазор по высоте равен нулю - нарушается тепломаслообмен. Теплопередача через поршневое кольцо во втулку резко уменьшается, температура в зоне КМК возрастает. Увеличивается прорыв горячих газов ко второму кольцу, в зоне которого создаются условия для наступления второй-третьей фаз его закоксовывания.

6.2. Виды отложений в двигателях

Основной причиной осложнений в работе двигателя, связанных с качеством масел и работой системы смазки, являются отложения (осадки).

Обазование в двигателе их значительного количества обычно считают следствем плохого качества масла. При этом, как правило, не учитывают, что моторное масло является лишь одной из причин образования отложений в двигателе, основные из которых

следующие: конструкция двигателя, режим работы, качество топлива, условия эксплуатации, качество масла.

С проблемой образования нагаролакоотложений в двигателе приходится считаться на протяжении всего срока его эксплуатации. Отложения в двигателях условно можно разделить на следующие виды:

1. Нарушающие циркуляцию масла вследствие забивания сетки маслоприемников и маслоподводящих каналов, что приводит к недостаточной смазке основных узлов трения.
2. Способствующие преждевременному выходу из строя отдельных деталей двигателя:
   а) отложения на клапанах, что может привести к пригоранию и пригару клапанов;
   б) отложения в зоне поршневых колец, вызывающих их закоксовывание;.
   в) отложения нагара в камере сгорания, которые приводят к потере мощности, неуправляемому сгоранию и возникновению детонации.

В зависимости от температурных условий деталей ДВС все виды отложений условно можно разбить на 3 основные группы:

1. Высокотемпературные, основная причина образования которых - недостаточная стабильность и низкие моющие свойства масел.
2. Среднетемпературные.
3. Низкотемпературные, образование которых тесно связано с попаданием в масло воды, сажи и несгоревшего топлива.

Механизм образования высокотемпературных отложений был рассмотрен выше. Не меньшую опасность для ДВС представляют и низкотемпературные отложения.

Наиболее интенсивно низкотемпературные отложения образуются в условиях коротких ездок с частыми пусками и остановками (городской цикл); с увеличением длины пробега автомобиля

нарушения, связанные с образованием осадков (особенно низкотемпературных), почти полностью исчезают. В настоящее время масла с моющими присадками, предназначенные для тяжелых условий работы, получили широкое распространение. Эти масла удерживают осадки и продукты загрязнения в мелкодисперсном состоянии и уменьшают опасность их выпадения, сохраняют детали двигателя чистыми в процессе эксплуатации.

На основании многочисленных исследований механизм образования низкотемпературных отложений можно представить в следующем виде:

1. Значительное загрязнение масла продуктами сгорания топлива главным образом наблюдается при работе двигателя на холостом ходу и резко уменьшается при нагрузке двигателя. Можно предположить, что основной причиной столь интенсивного загрязнения масла является богатая топливно-воздушная смесь.
2. Работа двигателя на низкотемпературном режиме способствует попаданию водяных паров и горючего в картер двигателя.
3. Для снижения интенсивности загрязнения масла температуру в рубашке охлаждения и масла в картере необходимо поддерживать равной по крайней мере 70°C.
4. Недостаточно эффективная вентиляция картера двигателя способствует загрязнению масла и не позволяет удалить из двигателя агрессивные продукты сгорания.
5. Низкотемпературные осадки представляют собой жидкую мазеобразную массу, выпадающую из масла после превышения его "несущей способности". Большие нагрузки и обороты и, соответственно, более высокие температуры способствуют превращению жидких осадков в более твердые и липкие отложения.
6. Работа двигателя на переменном режиме ведет к образованию как низкотемпературных осадков, так и высокотемпературных отложений в зоне поршневых колец.

6.3. Предупреждение загрязнения и образования осадков

Интенсивное образование отложений может быть причиной неполадок в двигателе или даже во всем автопарке. При использовании масел с низкими эксплуатационными свойствами (групп Б и В) в форсированных ДВС процессы образования как низкотемпературных, так и высокотемпературных отложений проходят с более высокой скоростью.

В связи с этим полезно знать некоторые рекомендации, позволяющие уменьшить осадкообразование и тем самым продлить срок службы масел и двигателя.

1. Важно, чтобы после запуска двигателя температуру в системе охлаждения как можно быстрее поднять до 60...70°С. Необходимо обеспечить безупречную работу термостатов в соответствующих температурных условиях.
2. При низких температурах необходимо установить шторки у радиатора, чтобы уменьшить охлаждение жидкости. Следует предусмотреть возможность изменения утепления радиатора в зависимости от температуры воздуха.
3. Для облегчения испарения топлива, удаления топлива и воды из картера температура масла должна быть не ниже 70°С.
4. Поддоны картера очень быстро охлаждаются, поэтому необходимо его утеплить или установить специальный щиток, предохраняющий поддон картера от потока холодного воздуха. Полезно также утеплить и клапанную коробку.
5. Внимательно контролировать работу карбюратора и регулировать его. На богатых смесях осадки образуются более интенсивно.
6. а) следует регулярно проверять работу системы зажигания, так как перебои в ее работе способствуют загрязнению масла;

   б) не забывать контролировать состояние свечей и зачищать их;

в) для качественного распыливания топлива и достаточной полноты сгорания в дизельных двигателях необходимо периодически проверять состояние форсунок и распылителей.

7. Следует избегать длительной работы двигателя на холостом ходу или прогрева его в холодную погоду. Трогаться с места необходимо сразу же, как только установится давление масла. При работе на холостом ходу многие двигатели не удается прогреть в достаточной степени.
8. Контролировать систему вентиляции картера двигателя. Периодически очищать ее, в противном случае наблюдается повышенное загрязнение масла.
9. Проверять работу воздушных фильтров, загрязнение воздухоочистителей приводит к обогащению топливно-воздушной смеси и уменьшению полноты сгорания.
10. При замене масло следует сливать сразу после остановки двигателя, пока масло и двигатель еще горячие.
11. Смену масла следует производить в такие сроки, чтобы в нем не накапливались продукты загрязнения в количестве, опасном с точки зрения осадкообразования. При использовании низкокачественных масел необходимо чаще менять масло для удаления продуктов загрязнения до образования их в опасном количестве.
12. Вместе с заменой моторного масла желательно сменить фильтрующий элемент.
13. Необходимо периодически вскрывать картер двигателя для зачистки поддона картера и сетки маслоприемника, не допуская снижения подачи масла к узлам трения. При работе ДВС на маслах низких групп качества желательно эту операцию прозодить чаще.

VII. СТАРЕНИЕ МАСЛА В ДВИГАТЕЛЯХ

7.1. Процессы, происходящие при старении

При эксплуатации ДВС под воздействием различных факторов моторное масло теряет свои первоначальные свойства, т.е. оно стареет.

Окисление углеводородов масла, срабатывание присадок, накопление в масле продуктов неполного сгорания топлива, частиц изнашивания деталей двигателя, воды, пыли - вот основные процессы, происходящие при старении масла. Характер и скорость старения зависят от уровня форсирования двигателей, температуры деталей ЦПГ, качества топлива, степени изношенности двигателя, технического состояния двигателя, качества используемого масла.

При старении моторных масел изменяются практически все основные показатели качества.

Вязкость. Она увеличивается в результате испарения легких фракций масла, накопления продуктов неполного сгорания топлива (сажи) и окисления углеводородов масла. Вязкость уменьшается при попадании топлива в масло, а также в результате разрушения полимерной присадки в загущенных маслах.

Температура вспышки. Снижение температуры вспышки возможно при попадании в масло фракций топлива.

Коксуемость. Повышение коксуемости работавшего масла характеризует накопление в нем продуктов окисления масла и неполного сгорания топлива.

Содержание воды. Наличие воды в масле служит показателем попадания воды из системы охлаждения и заправки двигателя обводненным маслом.

Щелочное число, кислотное число. Снижение щелочного числа указывает на уменьшение концентрации моющих присадок.

Увеличение кислотного числа определяет степень окисления масла и разложения присадок.

Содержание нерастворимого осадка. Количество осадка определяет интенсивность поступления в масло продуктов неполного сгорания топлива, частиц износа, пыли, срабатывание присадки.

Содержание продуктов изнашивания. Для определения частиц износа применяют методы нейтральной активации, спектрального анализа, радиоактивных изотопов. При диагностировании двигателей наибольшее распространение получили методы спектрального анализа.

В процессе старения масла наблюдается изменение концентрации, строения и эффективности присадок в результате разложения, взаимодействия с продуктами сгорания топлива и окисления масла, фильтрующими элементами и деталями двигателя. В условиях эксплуатации уменьшение щелочного числа (концентрации моющих присадок) сопровождается накоплением в масле кислых продуктов, что может вызвать коррозионный износ в ДВС. Основной функцией щелочных присадок масла является нейтрализация кислот и защита против коррозии.

Особенно опасно попадание в масло легких фракций дизельного топлива, которое обладает низкой стабильностью к окислению. Моторные масла, загрязненные топливом, окисляются значительно быстрее с образованием органических кислот и отложений, которые ухудшают их качество. В результате снижается вязкость масла и возможно повреждение подшипников, интенсифицируются процессы нагаролакоотложений в ЦПГ двигателя.

7.2. Расход масла в двигателях

Расход масла в двигателях определяется его потерями: на угар, при техническом обслуживании, заправке, хранении, а также при периодической замене масла вследствие его старения и сезонной эксплуатации автомобилей и тракторов.

Потери на угар составляют основную долю потерь масла в ДВС. К ним относятся часть масла, которая попадает в камеру сгорания и уносится с отработавшими газами, и часть масла, которая испаряется и выбрасывается с картерными газами. Технически достижимый минимальный расход масла на угар составляет 0,2-0,3% от расхода топлива. Дальнейшее уменьшение его может привести к снижению износостойкости деталей ЦПГ и увеличении количества нагаролакоотложений.

Мероприятия по снижению расхода масла на угар необходимо проводить при одновременном повышении качества моторных масел и снижении тепловой напряженности ЦПГ двигателей.

Составляющие расхода масла на угар:

- через ЦПГ;
- между штоками всасывающего и выхлопного клапанов и их направляющими;
- через турбокомпрессор;
- за счет испарения в картере.

Анализ составляющих угара в двигателе позволяет определить основные направления работ по уменьшению расхода масла. Условно их можно разделить на конструктивные, технологичесие и эксплуатационные (рис. 6 и 7).

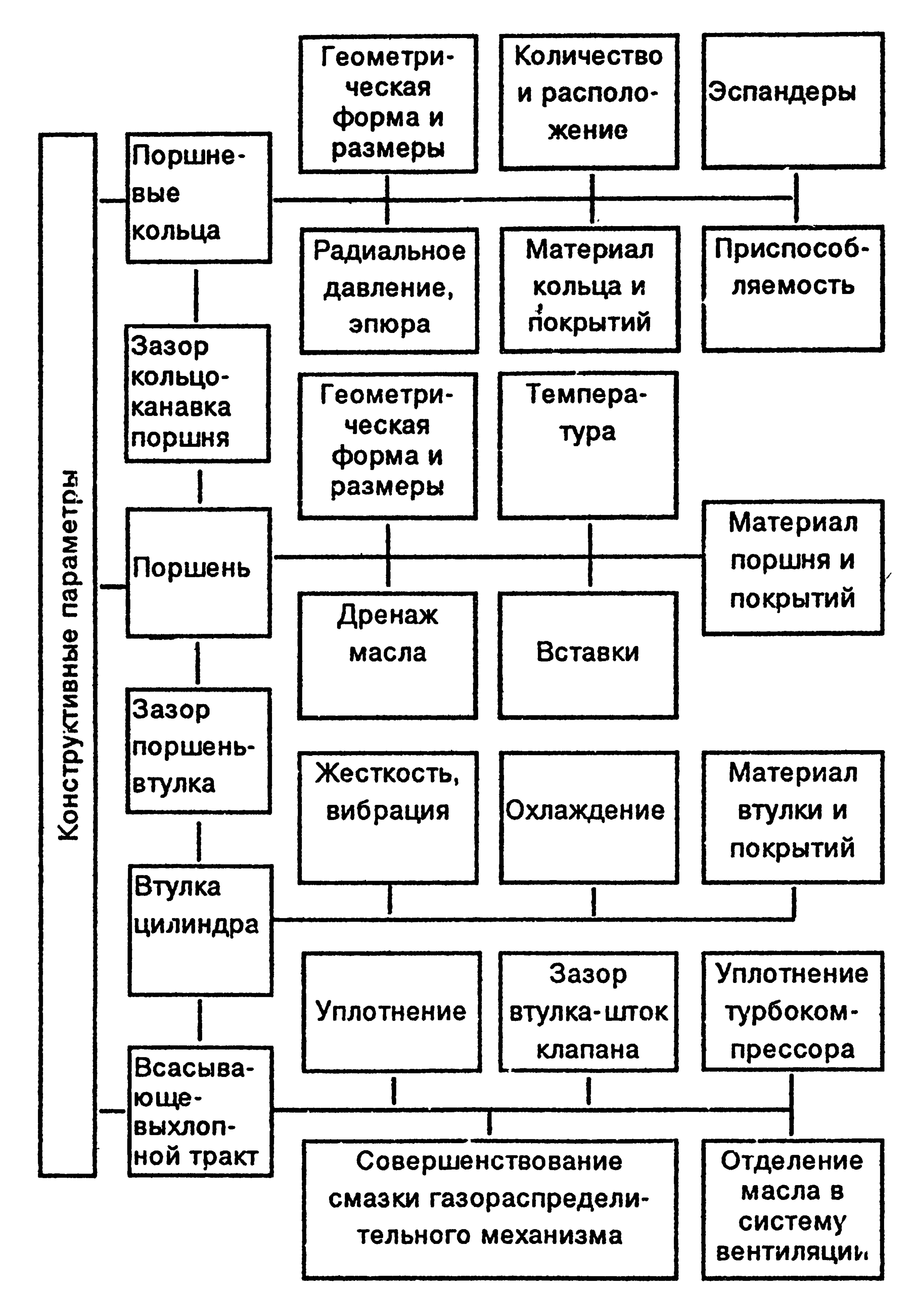


Рис.6 Конструктивные параметры, влияющие на расход масла

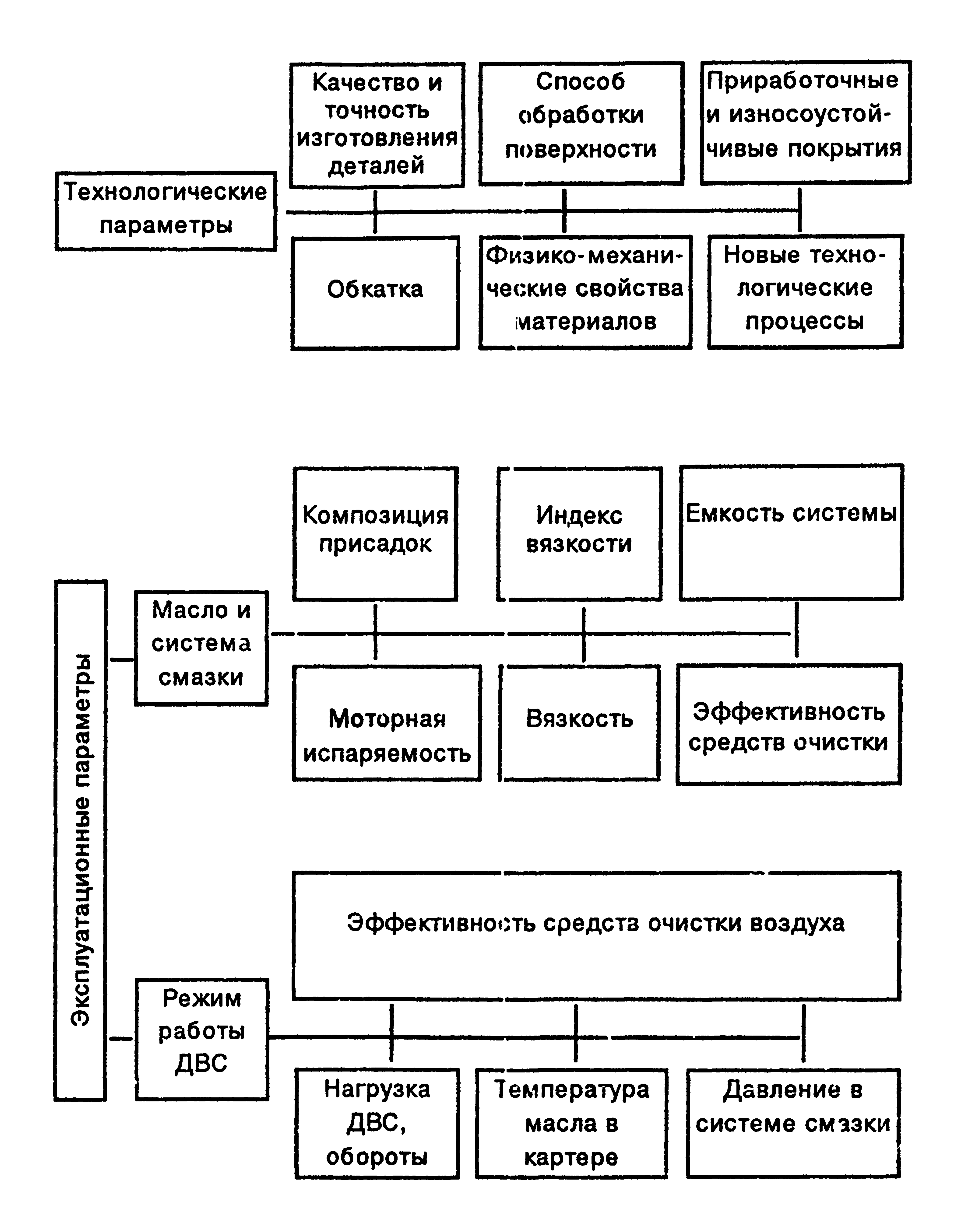


Рис.7 Параметры, влияющие на расход масла

7.3. Пути снижения расхода масла

Совершенствование конструкции поршня и поршневых колец является наиболее действенным мероприятием при снижении расхода масла на угар. Среди этих мероприятий широкое применение находят:

- использование поршней с минимально допустимыми зазорами по втулке цилиндра и оптимальной геометрией боковой поверхности, в том числе овально-бочкообразной формы;

- применение материалов с малым коэффициентом линейного расширения;

- снижение температур поршней, в том числе за счет их охлаждения;

- применение покрытий на днищах поршней и износостойких вставок и покрытий;

- использование поршневых колец оптимального профиля, расположения и количества;

- применение колец с заданной эпюрой радиальных давлений;

- внедрение маслосъемных колец с эспандерами, торсионных и др.;

- применение новых материалов колец, в том числе высокопрочного чугуна и антиизносных покрытий (хромирование, молибденирование и т.д.).

Большое влияние на расход масла оказывает и качество моторных масел. Масла с высокими антиизносными свойствами увеличивают ресурс двигателя, что снижает рост угара масла при его эксплуатации.

Эффективные моющие и антиокислительные свойства масла уменьшают пригорание поршневых колец и забивку дренажных отверстий, что также снижает расход масла на угар.

Схема расхода масла на угар в зависимости от его физико-химических свойств показана на рис.8.

7.4. Рациональная периодичность замены масла

Увеличение сроков замены масла привлекает многих водителей и механиков. Это и экономия моторных масел, и снижение трудоемкости на техническое обслуживание ДВС.

Рациональные сроки замены масла для многих двигателей устанавливают по результатам стендовых и эксплуатационных испытаний. Для обеспечения надежной работы двигателя следует придерживаться рекомендаций моторостроительных заводов. Необоснованное увеличение периодичности замены масла может быть причиной серьезных неполадок в двигателе: в итоге экономия на масле может привести к дополнительным затратам на ремонт двигателя.

В некоторых случаях целесообразность замены масла может быть определена по установленным браковочным показателям его предельного состояния.

Рекомендуемые заводом-изготовителем сроки замены масла соответствуют нормальным условиям эксплуатации ДВС, когда их техническое состояние, применяемые моторные масла и топливо соответствуют требованиям стандартов и техническим условиям.

Однако при легких условиях эксплуатации процесс старения масел замедляется, возможны предпосылки для продления его срока службы. И наоборот, при частых перегрузках двигателя, нарушении систем топливоподачи, очистки воздуха, смазки, обводнения масла и т.п. происходит интенсивное окисление и загрязнение масла, быстро срабатываются присадки. И чтобы не

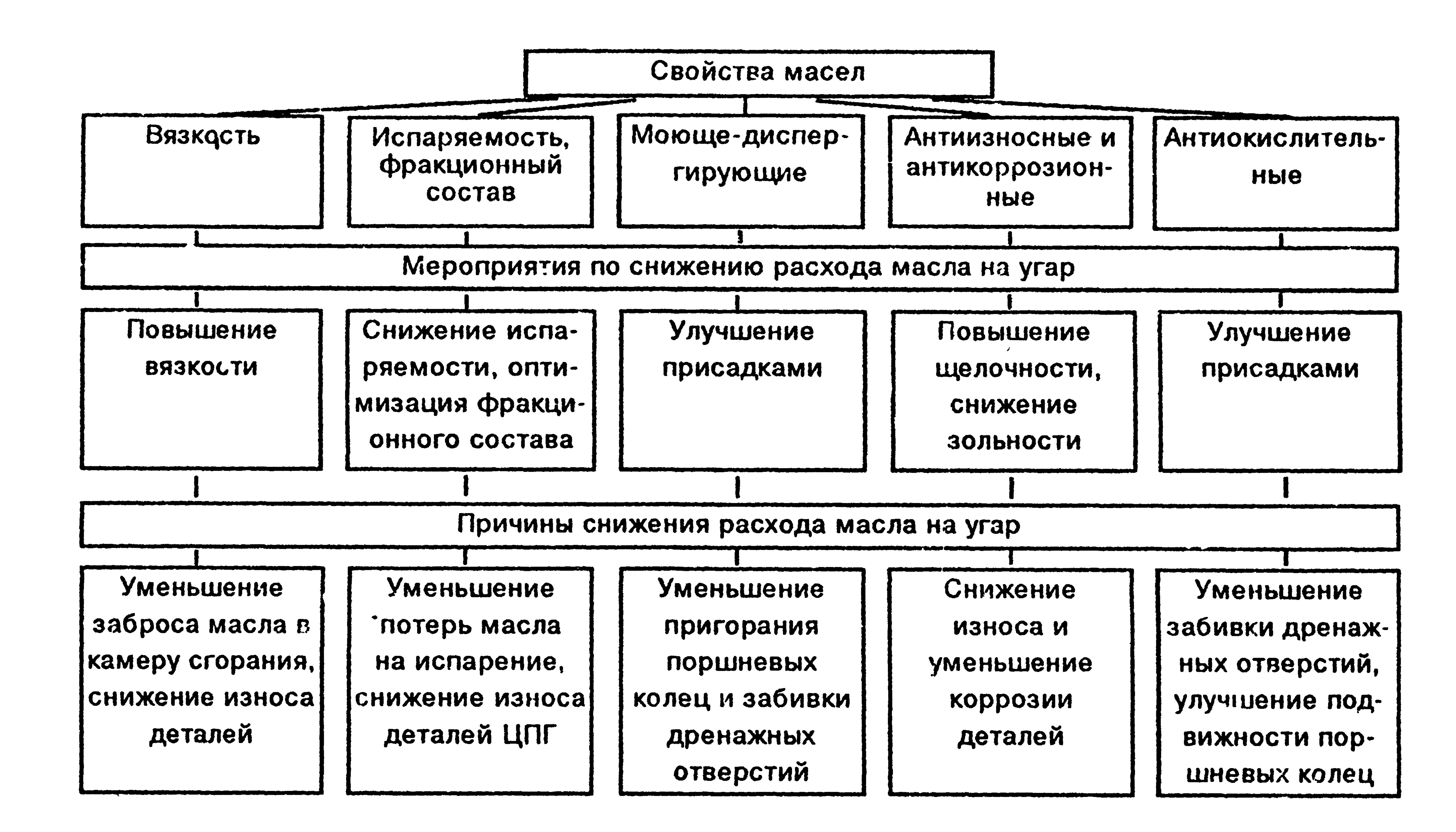


Рис.8. Схема расхода масел на угар в зависимости от их физико-химических свойств

допустить неполадок в двигателе, желательно, не откладывая, заменить масло и устранить обнаруженные неисправности.

В связи с изложенным, с целью рационального применения высококачественных, дорогостоящих моторных масел в перспективе предусматривается периодичность замены масла устанавливать не только по количеству отработанных часов или километров пробега, но и по фактическому состоянию качества масла. Это в свою очередь позволяет и диагностировать техническое состояние двигателя. Установлено, что моторное масло является уникальным источником информации о процессах, происходящих в двигателе. Особенно рекомендуется использовать диагностирование дорогостоящих высокофорсированных двигателей автотранспортной техники. По данным НАМИ, техническое диагностирование позволяет примерно вдвое снизить простой машины из-за отказа двигателя.

По данным обследования почти 500 автотранспортных компаний США, в зависимости от принадлежности выяснилось, что 53-59% из них проводят смену масла в двигателях на основании его предварительного анализа, с установленной периодичностью (29-18%) или эпизодически (30-35%). При этом только 14-24% АТК выполняют этот анализ своими силами с помощью комплектов приборов, принадлежащих им или представляемых нефтяными компаниями. Остальные проводят анализы масел в независимых химических лабораториях (53-56% АТК) или нефтяных помещениях (39-32%). Для анализа масла применяются металлоспектрография и стандартный химический анализ.

За рубежом стремление к повышению сроков слубы масел в основном прекратилось.

Смена масел производится через 10 - 20 тыс.км. Исключением являются дизели МАН, для которых установлена периодичность 40 тыс.км и дизели Даймлер Бенц - 30 тыс.км (масло SHPD). Расход масла по европейским дизельным двигателям - 0,5- 0,9 г/кВтч или 0,25-0,4% от расхода топлива (200-225 г/кВтч), а по

американским - соответственно 0,25-0,7г/кВтч или 0,1-0,3% от расхода топлива (203- 240г/кВтч).

За рубежом для форсированных автомобильных дизелей с турбонаддувом разработаны масла SHPD ("Супер Хай перфор-манс дизел ойл"), позволяющие увеличить периодичность их замены. Они превосходят по качеству масла, относящиеся к группе СД по классификации API и отвечающие требованиям спецификации MIL-L-2104C.

Масла SHPD являются загущенными (SAE 10W/40 и SAE 15W/40) с тщательно сбалансированной композицией присадок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Масла и составы против износа автомобилей /В.М.Школьников и др. М.: Химия, 1988. 96с.
2. Теоретические основы химмотологии /Под ред.А.А.Браткова. М.: Химия, 1985. 320с.
3. Григорьев М.А. и др. Качество моторного масла и надежность двигателей. М.: Изд-во стандартов, 1981. 232с.
4. Гаркунов Д.Н. Триботехника. М.: Машиностроение, 1985. 424с.
5. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лашхи В.Л. Химмотология: Учебник для вузов. М.: Химия, 1986. 368с.
6. Венцель С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. М.: Химия, 1979. 240с.
7. Лышко Г.П. Топливо и смазочные материалы. М.: Агропромиздат,1985. 335с.
8. Топливо и смазочные материалы, технические жидкости: Справочное изд-е /Под ред. В.М.Школьникова. М.: Химия. 1989. 432с.
9. Арабян С.Г., Виппер А.Б., Холомонов И.А. Масла и присадки для тракторных и комбайновых двигателей. М.: Машиностроение, 1984. 208с.
10. Гулин Е.И., Сомов В.А., Чечот И.М. Справочник по горюче-смазочным материалам в судовой технике. Л.: Судостроение, 1988. 356с.

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЛЯЕВ
Сергей Васильевич

МОТОРНЫЕ МАСЛА И СМАЗКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Редактор Д.А. Вересов

Компьютерная верстка и оформление обложки О.В. Черняков

ЛР № 040110. 11.10.1991. Подписано в печать 10.02.94. Формат B5. Бумага офсетная. Офсетная печать. 3.7 уч.-изд. л. 37 усл.кр.-отт. Тираж 500 экз. Изд.№ 55 "С"

Издательство Петрозаводского университета
185640 г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33.

